



# **Bilaga 4. Exempelsamling** **– Åtgärder för förbättrad** **hydromorfologi vid projekt i vatten**

**Uppsala kommun**

Färdig handling 2024-01-31

TITEL	LÅP Fyrisån. Bilaga 4. Exempelsamling – Åtgärder för förbättrad hydromorfologi vid projekt i vatten
RAPPORTNUMMER	2023-1895-A
BESTÄLLARE	Uppsala kommun
UPPDRAGSANSVARIG	Hannes Öckerman
FÖRFATTARE	Jenny Näslund, Hannes Öckerman, Astrid Berglund, Jonathan Arnlund, WRS, Karin Halldin
GRANSKNING	Jonas Andersson, WRS
UTGÅVA/STATUS	Färdig handling
DATUM	2024-01-31
OMSLAGSBILD	Gotlandsparken, Uppsala
FOTON	Alla foton i bilagan är tagna av WRS om inget annat anges.

# Innehåll

1	Inledning .....	5
1.1	Syfte.....	5
1.2	Avgränsningar.....	5
1.3	Generellt tillvägagångssätt .....	6
1.4	Juridik.....	6
1.4.1	Vattenverksamhet .....	6
1.4.2	Strandskydd .....	7
2	Bakgrund .....	8
2.1	Fyrisån.....	8
2.1.1	Allmän beskrivning .....	8
2.1.2	Biologi .....	8
2.1.3	Historik .....	8
2.1.4	Jordarter .....	9
2.1.5	Risk för jordrörelser .....	10
2.1.6	Översvämning.....	10
2.2	Vad är hydromorfologi? .....	11
2.2.1	Konnektivitet, hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd .....	11
2.2.2	Svämplan .....	12
2.2.3	Närområde .....	12
2.2.4	Fluviala processer.....	12
2.2.5	Meandrande vattendrag .....	12
2.2.6	Uppgrumling .....	13
2.2.7	Artificiella strukturer .....	13
	Exempelsamling.....	14
3	Strandkanten.....	14
3.1	Parker, natur- och rekreationsområden .....	14
3.2	Vegetativ kantzon.....	16
3.3	Död ved .....	17
3.4	Erosionsskydd .....	18
3.4.1	Flödesändringar och styrelement.....	18
3.4.2	Hårda erosionsskydd.....	19
3.4.3	Mjuka erosionsskydd.....	21
3.4.4	Kombinerade erosionsskydd .....	23
3.5	Skred- och rasskydd .....	23
4	Bryggor .....	24
4.1	Beskuggning .....	24
4.1.1	Placering .....	24
4.1.2	Utformning .....	24
4.2	Flytande eller fast brygga?.....	25
4.2.1	Fast brygga .....	25

4.2.2	Flytbryggor.....	26
5	Broar.....	27
5.1	Placering och utformning av brokonstruktioner.....	27
5.2	Beskuggning dagtid.....	28
5.3	Belysning nattetid.....	28
6	Artificiella biotopförbättrande åtgärder.....	32
6.1	Ytstrukturer.....	33
6.2	Rev.....	34
6.3	Flytande våtmarker.....	36
7	Båtliv.....	37
7.1	Farled.....	37
7.2	Påverkan på hydromorfologi.....	37
7.3	Åtgärdsförslag.....	37
8	Dagvattenutlopp.....	39
8.1	Översilning på grönytor.....	39
8.2	Kassun för fördröjning.....	40
8.3	Brygga med spridningsspont.....	40
8.4	Flytande våtmarker och skärmbassänger.....	41
9	Allmänna försiktighetsåtgärder.....	42
9.1	Materialval.....	42
9.2	Vid anläggande.....	42
9.2.1	Val av tidpunkt.....	42
9.2.2	Arbete och anläggande i vatten.....	42
9.2.3	Blottade markskikt.....	42
	Referenser.....	43

# 1 Inledning

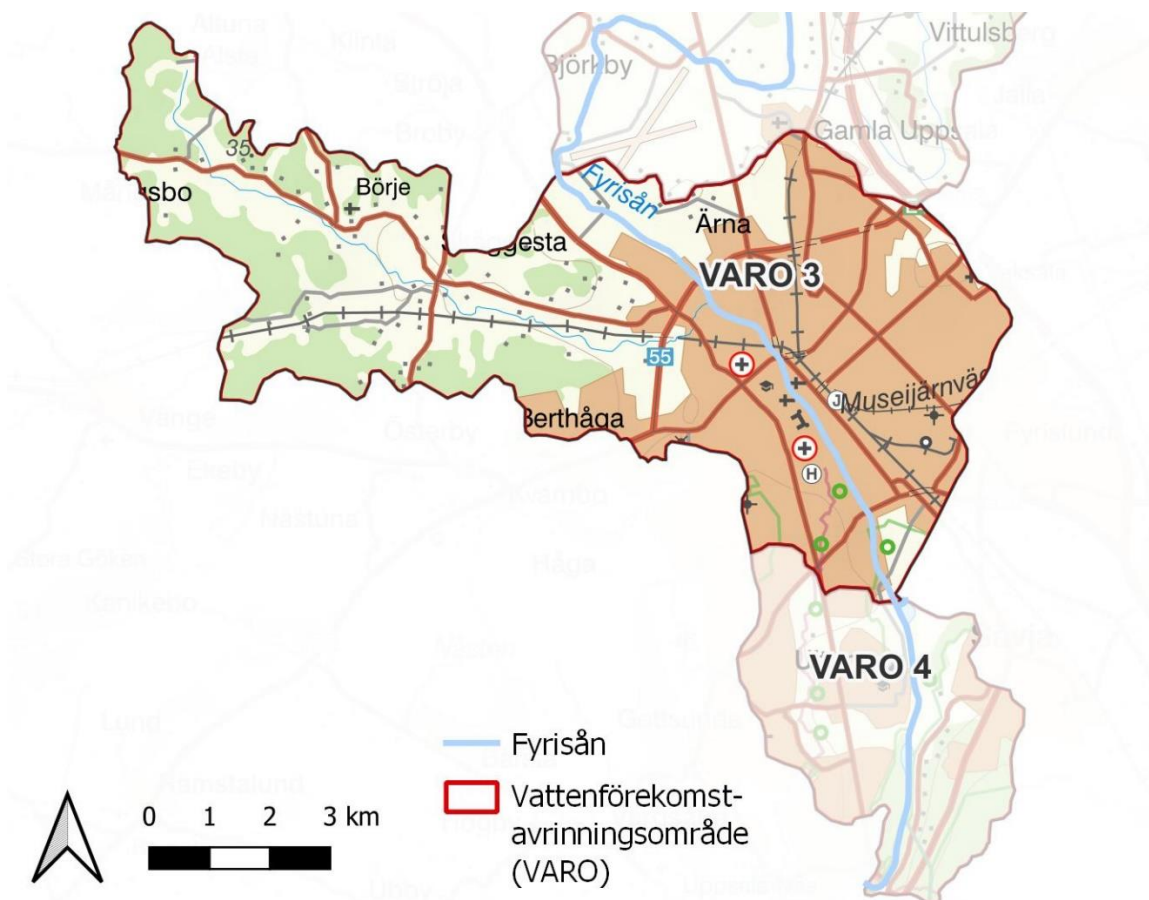
Inom Uppsala stad pågår många stadsbyggnadsprojekt där exploateringen sker i eller i anslutning till Fyrisån. Därför vill Uppsala kommun öka sina kunskaper om hur dessa typer av projekt kan utformas för att undvika, minska eller begränsa den potentiellt negativa hydromorfologiska påverkan på Fyrisåns.

## 1.1 Syfte

Exempelsamlingen ska fungera som inspiration och vägledning för möjliga åtgärder som minskar miljöpåverkan vid exploateringsprojekt i vatten. Samlingen ger inga platsspecifika åtgärdsförslag men fokus har legat på att beskriva åtgärder som är tillämpbara i de typer av projekt som kommunen driver eller kommer driva framöver.

## 1.2 Avgränsningar

Uppdraget är avgränsat till åtgärder inom rinnande vattendrag med de egenskaper och den karaktär som Fyrisån har. Fokus och utgångspunkt är den vattenförekomst som är del av Fyrisåns huvudfåra och rinner genom Uppsala tätort, *Fyrisån Junkilsån-Sävjaån* (Figur 1). Detta med anledning av att vattenförekomsten har som miljö kvalitetsnorm måttlig ekologisk status till år 2033 med mindre strängt krav för morfologiskt tillstånd. Det innebär i praktiken att det hydromorfologiska tillståndet i Fyrisån inte får försämras från tiden för normsättning, samt att alla rimliga åtgärder ska tillgripas för att förbättra åns hydromorfologi (Vattenmyndigheterna m.fl., 2023).



Figur 1. Fokusområde för exempelsamlingen är Fyrisån Junkilsån – Sävjaån (VARO 3) men även Fyrisån Ekoln – Sävjaån (VARO 4) berörs delvis.

## 1.3 Generellt tillvägagångssätt

Som ett första mål ser vi att kommunen behöver ha ett helhetsgrepp och en långsiktig strategi för hur den framtida stadsutvecklingen ska genomföras utan att skapa en negativ påverkan på Fyrisån. Utifrån helhetsbilden behöver sedan åtgärder inom varje projekt eller detaljplan tas fram. Den hydromorfologiska påverkan på Fyrisån behöver beaktas i ett tidigt skede. Precis som projektledningen kan rådfråga en ekolog eller biolog vid projekt som rör terrestra miljöer bör en limnolog eller annan sakkunnig inom sötvatten rådfrågas vid projekt kring Fyrisån. Vid specifika projekt behöver alltid platsens lokala förutsättningar beaktas och åtgärder anpassas till dessa och även till de juridiska krav som ställs.

En generell arbetsgång vid specifika projekt kan sedan vara:

1. Vad ska anläggas och hur påverkar detta Fyrisåns strukturer och akvatiska miljö?
2. Vad är syftet och varför behöver det anläggas på denna plats? Finns de bättre lämpade platser (lokaliseringsprincipen) som minskar miljöpåverkan? Kan delar eller komponenter av exploateringen undvikas eller flyttas för att minska påverkan?
3. Hur kan vi minimera påverkan på vattendraget?
  - a. Vilken påverkan från åtgärden kan accepteras?
  - b. Hur anläggs åtgärden på bästa sätt?
  - c. Vilken teknik och material ska användas?
  - d. Behöver skyddsåtgärder vidtas innan/under/efter exploatering?
4. Om exploateringen medför negativ påverkan på hydromorfologin men ändå måste genomföras, kan kompensationsåtgärder genomföras?

## 1.4 Juridik

### 1.4.1 Vattenverksamhet

De flesta åtgärder som beskrivs i exempelsamlingen faller under Miljöbalkens 11 kapitel om vattenverksamhet. Många av de åtgärder som görs inom ett område som täcks av vatten vid högsta förutsebara vattenstånd, tillika vattenområde (MB 11 kap. 2 §), utgör vattenverksamhet.

För att bedriva vattenverksamhet krävs en anmälan till Länsstyrelsen eller en ansökan om tillstånd hos Mark- och miljödomstolen. Vid mindre omfattande verksamheter räcker en anmälan där Länsstyrelsen meddelar eventuella förbud och försiktighetsmått som krävs enligt miljöbalken (Länsstyrelsen Uppsala län, 2023a). Vid mer omfattande verksamheter krävs tillstånd med tillhörande samrådsförfarande och miljökonsekvensbeskrivning (Länsstyrelsen Uppsala län, 2023b).

Tillstånd enligt miljöbalken behövs dock inte om det är uppenbart att varken allmänna eller enskilda intressen skadas genom vattenverksamhetens inverkan på vattenförhållandena (MB 11 kap. 12 §).

#### **1.4.2 Strandskydd**

Hänsyn behöver även tas till de lokala strandskyddsbestämmelserna för platsen. I Uppsala har de centrala delarna av staden generell ej strandskydd. Delar av den norra och södra delarna av staden har generellt strandskydd, vilket är 100 meter. Från Kungsängsbron, förbi Övre och Nedre Föret, till Lugnet, har stranden öster om Fyrisån utökat strandskydd, vilket är upp till 300 meter. Se webbkartan *Strandskydd och Landskapsbildsskydd mm i Uppsala län* (Länsstyrelsen Uppsala län, 2023c) för fler detaljer. Länsstyrelsen kan upphäva eller ge dispens från strandskyddet.



## 2 Bakgrund

### 2.1 Fyrisån

#### 2.1.1 Allmän beskrivning

Fyrisån är en grund slättå med medeldjup på 1,6 meter. Dess bredd är i snitt 18 meter men breder som mest ut sig 400 meter. Åbotten domineras av mjukbotten med lera (87 %) med mindre sträckor av grus- och stenmaterial vilket framförallt förekommer i strömsträckor. Beskuggningen av vattendraget från exempelvis träd, buskar och gräs är dålig (67 % saknas) (Länsstyrelserna, 2023).

I den nedre delen av Fyrisån, från Ekeby kvarn till Ekoln, finns ett stort underskott av stenar, block, död ved och en varierad bottenstruktur med en blandning av grunda och djupa partier saknas. Hela sträckan har ett stort behov av naturvårdsåtgärder för att skapa en mer varierad miljö åt det akvatiska livet (Upplandsstiftelsen, 2021a).

#### 2.1.2 Biologi

I Fyrisån har fiskfaunan undersökts sedan 1990-talet genom standardiserade elfisken samt genom undersökningar med fiskkamera i fiskvägar. Totalt har ett 20-tal arter påträffats med dominans av mört, stensimpa och abborre. Andra fiskarter som påträffats är benlöja, gädda, gärs, id, björkna, braxen, nissöga, sarv, småspigg, sutare, nejonöga (obestämd), öring och karp. Den rödlistade landskapsfisken asp, *nära hotad* enligt Rödlistan (SLU, 2023a), finns framförallt i den nedre delen av systemet. Lake (*sårbar*) har påträffats och även ål (*akut hotad*) fångas kontinuerligt vid provfisken (Upplandsstiftelsen, 2021b, 2021a, 2022; SLU, 2023b). De fiskvägar som har anlagts vid Islandsfallet, Kvarnfallet och Ulva Kvarn har bidragit till att fisk nu kan vandra längre upp i Fyrisåns system.

Aspen är skyddsvärd enligt art- och habitatdirektivet och påverkas negativt av ingrepp i vattenmiljön som damm- och brobyggnationer, muddring, årensning och andra fysiska ingrepp, framför allt i vegetationsrika strandmiljöer (Havs- och vattenmyndigheten, 2016, 2017). Fyrisån utgör en viktig lokal för lekande asp där det finns sex strömsträckor som utgör potentiella lekområden mellan Ekolns mynning och Ekebydammen strax söder om Sturvreta (Länsstyrelserna, 2009).

Undersökning av bottenfauna har gjorts vid Klastorp år 2020, strax uppströms Uppsalas stadskärna. Undersökningen visar på hög status (SLU, 2023c). Totalt 33 olika taxa fångades, med dominans av dagsländor. Förutom tvåvingar, fåborstmaskar och nattsländor påträffades även musslor och snäckor.

#### 2.1.3 Historik

Tack vare landhöjningen efter inlandsisen ligger Uppsala och Fyrisån idag inte under vatten vilket det historiskt än gång har gjort. Området vid Fyrisån har varit under högsta kustlinjen (HK) vilket påverkar vilka jordarter som finns längst Fyrisån och även markens stabilitet. Områden under HK löper generellt högre risk för jordrörelser (SGI, 2016a).

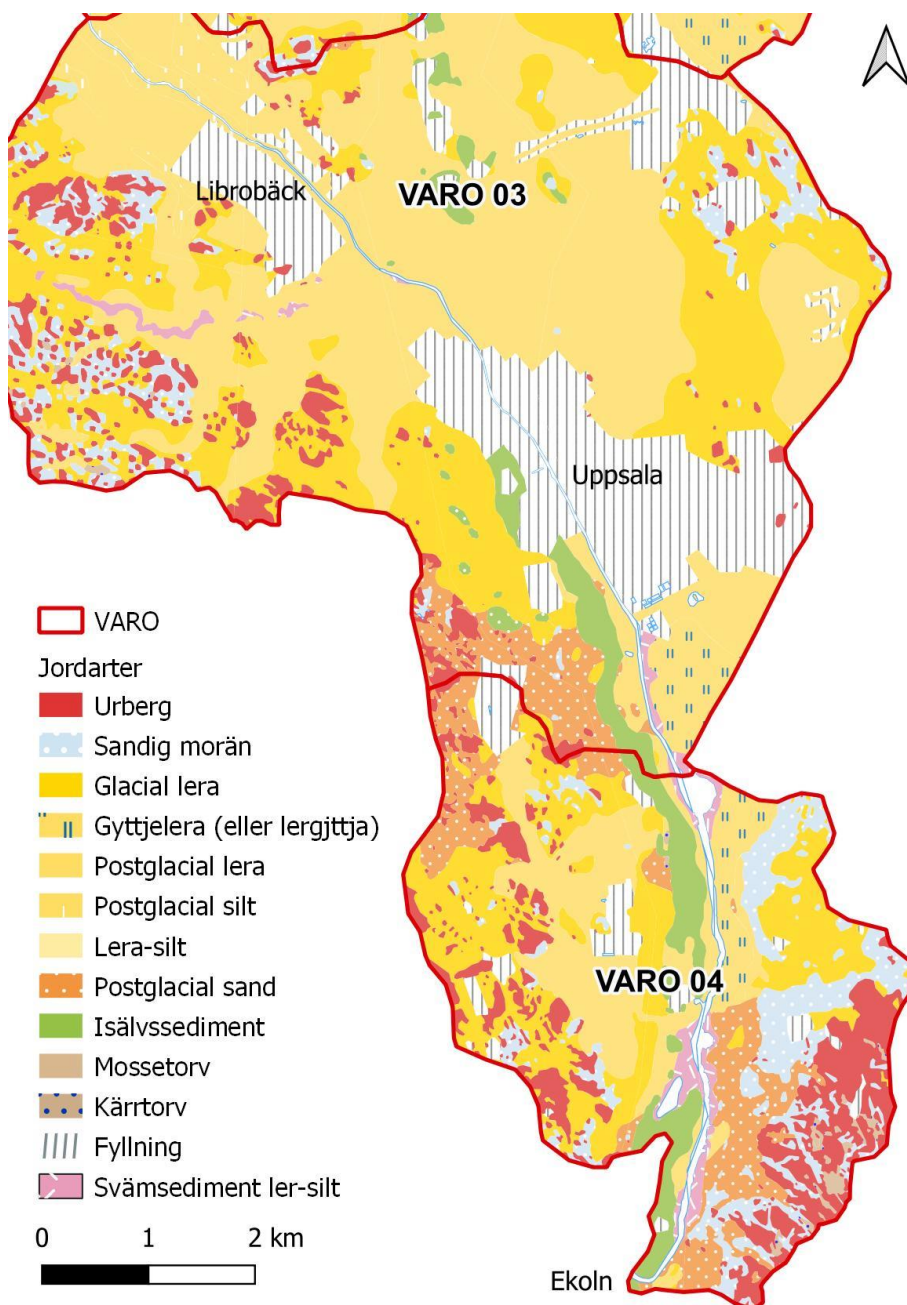
Människans exploatering av Fyrisån sträcker sig långt bakåt i tiden. Sjöar vid Vattholmaån dämades upp redan på 1600-talet. Majoriteten av sjöar och åsträckor har därefter markavvattnats, sänkts och rätats (Brunberg och Blomqvist, 1998). Efter 1934 har det troligen inte skett några



nya uträtningar av Fyrisåns huvudfåra. På senare år har istället stadens expansion med broar, spontningar, bryggor med mera dominerat den hydromorfologiska påverkan på Fyrisån.

#### 2.1.4 Jordarter

Den jordart som dominerar Fyrisåns strand, längs sträckan från Junkilsån mynning till Ekoln, är framför allt postglacial lera. Postglacial silt täcker strandkanten vid mynningen av Junkilsån i Fyrisån fram till Klastorp. I kraftigt bebyggda områden som industriområdena i Librobäck och Boländerna, samt stadskärnan, består jorden av fyllnadsmassor. Gyttjelera eller lergyttja dominerar på den östra sida av Fyrisåns mellan Kungsängsleden och Övre Föret. Vid Övre och Nedre Föret finns svämsediment som indikerar att platser är eller har varit del av svämplanet. Längst nedströms i Fyrisån innan mynningen till Ekoln dominerar Uppsalaåsen på den västra sidan med inslag av svämsediment och postglacial sand på den östra sidan (Figur 2).



Figur 2. Jordarter längst Fyrisån från Junkilsån anslutning i norr till åns mynning i Ekoln i söder (SGU, 2023).

### 2.1.5 Risk för jordrörelser

Exempel på jordrörelser är skred, ras och erosion (SGI m.fl., 2020). Jordskred förekommer främst i silt- och lerjordar där marklutningen är stor. Ras kan ske i brantare slänter med inslag av fritt fall (SGI och SGU, 2018). Erosion är ofta en naturlig del av det geologiska kretsloppet där bland annat vatten nöter ner berg och sten till mindre partiklar och förflyttar sediment och jord (Eriksson m.fl., 2011). Fyrisåns stränders eroderbarhet är låg i centrala Uppsala men måttlig till potentiellt hög i mindre bebyggda områden runt staden (SGI m.fl., 2020).

Lerområden är särskilt utsatta för skred och ras. Spontana lerskred kan ske i slänter med en marklutning brantare än 1:10. För siltslänter är motsvarande lutning 1:3 och i sandslänter 1:2. Slänter som påverkas av erosion av vattendrag är dock känsligare. Jordar med kvicklera eller jordar som är skiktade är särskilt känsliga för skred. Pålning, installation av kalkcementpelare eller grundläggnings- och jordförstärkningsarbeten är tekniker som används för att stabilisera marken dock kan det men vid vissa förutsättningar försämra markens stabilitet (SGI, 2023). Exempel kan höga vattentryck bildas vid pålning vilket kan leda till förskjutningar vilket även kan uppstå vid förstärkningsarbete då portrycket kan öka. Temporär försämring av skjuvhållfastheten kan uppstå vid installation av kalkcementpelare.

Skred och ras utlöses när jämvikten mellan jordens egentyngd och skjuvhållfasthet rubbas (SGI, 2023). Detta kan ske genom:

- Minskad motvikt, till exempel genom att mothållande jordmassor vid släntfoten eroderas bort av vattendraget, avlägsnas genom muddring eller genom sänkning av vattennivån.
- Ökad belastning, exempelvis från bebyggelse eller utplacering av fyllningsmassor vid släntkrön.
- Försämrade hållfasthet i jorden, exempelvis genom höjning av grundvattennivån. (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013)

Då nästintill hela Fyrisåns strandkant består av lera och silt utgör detta ett *aktsamhetsområde*, ett område med betydande lutning nära vatten där det finns förutsättningar för jordskred. Aktstamhetsområden ger endast en generell bild, varför platsspecifika markundersökningar behöver göras för att bedöma skredrisk och markstabilitet (SGI och SGU, 2018).

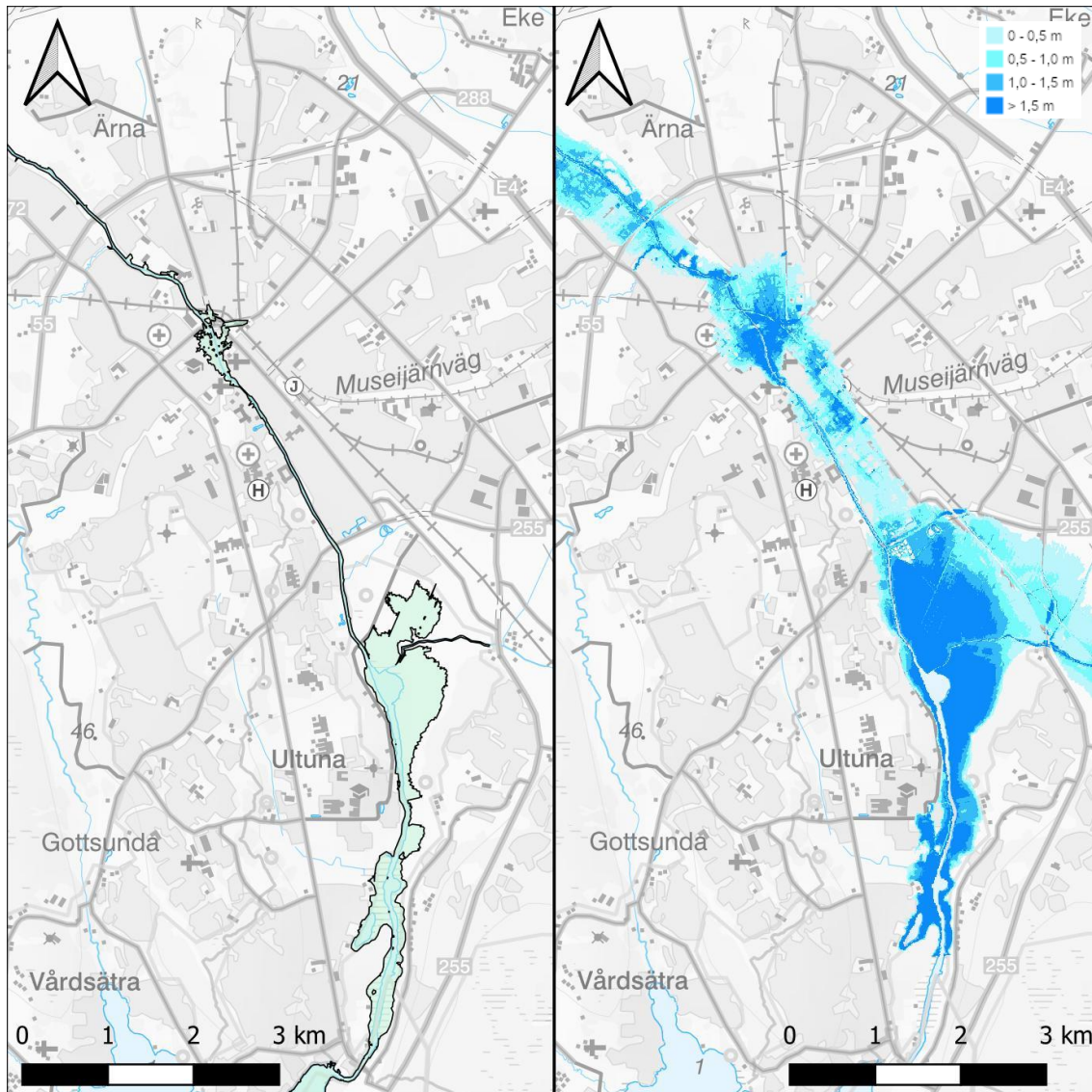
Uppsalaområdet har även geologiska förutsättningarna för kvicklerabildning. Kvickleror är relativt stabila men kan under vissa förhållanden orsaka större skred (SGU, 2016), så som det skred som skedde i Stengungsund den 23 september 2023.

Senast ett lerskred kring Fyrisån inträffade var vid Ulva kvarn 1983. De flesta dokumenterade jordrörelserna som har inträffat längs Fyrisån har skett kring Ulva kvarn. Söder om Ulva kvarn finns det ett flertal gamla raviner och dokumenterade äldre skredärr, och det finns troligen ännu fler som inte har dokumenterats. (Lantmäteriet, 1934; SGI m.fl., 2020; SGU, 2022)

### 2.1.6 Översvämning

Effekterna av översvämning kan tas fram med hjälp av en översvämningsmodell, de områden som utgör risk för översvämning vid ett 100-årsflöde i Fyrisån har tagits fram av MSB och illustreras i Figur 3 (t.v. och mitten). Kartan visar hur vattnet skulle svämma över kring Övre och Nedre Föret och Flottsund, men även i delar av centrala Uppsala. MSB har även tagit fram hotkartor som visar områden där konsekvenser av en översvämning bedöms bli betydande

(Figur 3, t.h.). Sådana områden finns i en stor del av centrala Uppsala samt nedströms Kungsängsleden.



Figur 3. T.v: Utbredning av ett modellerat 100-årsflöde år 2100 (MSB, 2023a).  
T.h: Hotkarta som illustrerar vattendjupet vid ett beräknat högsta flöde (BHF) (2023b).

## 2.2 Vad är hydromorfologi?

Hydromorfologi kan beskrivas som de fysiska livsbetingelser som både vatten- och landlevande organismer i eller i närheten av vattenmiljön behöver.

### 2.2.1 Konnektivitet, hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd

Inom den svenska vattenförvaltningen bedöms tre hydromorfologiska så kallade kvalitetsfaktorer: konnektivitet, hydrologisk regim och morfologiskt tillstånd. *Konnektivitet* kan ses som en beskrivning av tillståndet i vattenförekomsten som möjliggör spridning och rörlighet av både växter och djur längs med vattendrag, längs grunda vatten i sjöar men även till omkringliggande mark och svämplan. Den *hydrologiska regimen* beskriver vattenflödet och vattenståndsförändringar. Det *morfologiska tillståndet* ses som den fysiska formen hos



vattenförekomsten och inkluderar exempelvis djup- och formförhållanden, bottensubstrat, svämplan med mera.

Alla kvalitetsfaktorer och dess ingående parametrar relaterar till ett referensförhållande som är det tillstånd som vattenförekomsten uppvisar vid ”ingen eller mycket liten mänsklig påverkan” (Havs- och vattenmyndigheten, 2019). Exempelvis får ett dämme som Kvarnfallet en negativ påverkan på *konnektiviteten upp- och nedströms* medan en naturligt förekommande tröskel i en å inte försämrar vattendragets status, även om tröskeln skulle begränsa spridningen av fisk och organismer i vattendraget. På samma sätt påverkar inte snabba flödesförändringar under en kraftig vårflod statusklassningen för *hydrologisk regim*. Det gör däremot förändrade flöden som orsakas av uttag av ytvatten för konstgjord infiltration. Slutligen medför spottning av vattendragets kant en negativ påverkan på det *morfologiska tillståndet* medan erosion av en naturligt erosionsbenägen åkant inte är det. Några andra hydromorfologiska begrepp beskrivs nedan.

### 2.2.2 Svämplan

Svämplan är de flacka ytor längs sidan av vattendragsfåran som vid återkommande tillfällen svämmas över vid högflöden. Svämplanet ska alltid ses som en del av vattendraget ur ett hydrauliskt och biologiskt perspektiv, även om det endast är under vissa tidpunkter som den blir en del av vattenfåran.

Naturliga vattendrag med sina svämplan bedöms vara ett av Europas mest hotade ekosystem. När svämplan bebyggs, vattendrag rätas ut, sänks eller erosionsskyddas, förhindras svämplanet, eller delar av det, från att översvämmas. Det förändrar flödet till ett nytt erosionsmönster, där vattendraget eroderar sig nedåt istället för på vattendragets kanter, som naturlig sker. Detta leder till att vattendraget förlorar ännu mer kontakt med omgivande svämplan som torkar ut, samtidigt som risken för ras och skred längs vattendraget ökar (Länsstyrelsen i Jönköpings län, 2017a; WWF, 2019).

### 2.2.3 Närområde

Närområdet för ett vattendrag definieras i den svenska vattenförvaltningen som det markområde som går från vattendragsfårans övre kant och 30 meter upp i anslutande markområde (Havs- och vattenmyndigheten, 2013), på båda sidor om vattendraget.

### 2.2.4 Fluviala processer

Kontinuerlig erosion, materialtransport och sedimentation går under samlingsnamnet fluviala processer. Dessa processer utvecklar vattendragets utsträckning och form i landskapet. Fluviala processer bedöms vara en av de viktigaste faktorerna för växt- och djurhabitat i vattenmiljöer.

Mänskliga ingrepp i och omkring vattendrag, till exempel stabilitets- och erosionsåtgärder, förändrar förhållandena för de fluviala processerna. Vid avsaknad av naturlig erosion, transport och sedimentation skapas en struktur- och artfattighet längs vattendraget (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013).

### 2.2.5 Meandrande vattendrag

Meandrande vattendrag har en vattendragsfåra som slingrar sig och skapar naturliga erosions- och sedimentationsprocesser. Flikigheten som finns i meandrande vattendrag har uppstått naturligt i svagt lutande vattendrag med finkornigt material (WWF, 2019) och skapar förutsättningar för större biologisk mångfald med varierande habitat och biotoper.

### **2.2.6 Uppgrumling**

När bottensediment rörs om så att vattnet blir grumligt har detta negativ inverkan på den akvatiska miljön. Exempelvis leder grumling till minskat ljusnedsläpp till botten, beläggning på vegetation, spridning av föroreningar samt att de naturliga fluviala processerna störs. Detta kan ske vid muddring, vid anläggande i eller intill vatten eller av propellrarna från båttrafik (SLU, 2020; Länsstyrelsen i Östergötland, 2023).

### **2.2.7 Artificiella strukturer**

Artificiella strukturer är exempelvis bryggor, brostöd, erosionsskydd och pirar som är skapade genom mänsklig aktivitet. De försämrar hydromorfologin i vattendraget då de avviker från det naturliga referensförhållandet (Havs- och vattenmyndigheten, 2013).

# Exempelsamling

## 3 Strandkanten

Vattendragets strandkant är centralt för vattendragets naturliga processer, för svämplanet och för den laterala konnektiviteten, det vill säga utbytet mellan land och vatten för både växt- som djurliv. Fyrisåns strandkant i Uppsala är generellt starkt påverkad, bland annat med spontar, bryggor (Figur 4 t.h.) och stenmurar i de centrala delarna. Sträckan uppströms Fyrisvallsbron är ett exempel på en stadsnära sträcka som är något mindre exploaterad, där viss vegetation, flikighet och aktivt svämplan kan skönjas (Figur 4 t.v.).



*Figur 4. Notera att båda sträckorna av Fyrisån är extremt rätade och sänkta. I fotot till vänster vid Fyrisvallsbron finns dock viss naturlig vegetation och en antydning till svämplan (översvämningssytor). I fotot till höger vid båtvarvet har Fyrisån spontade kanter och bryggor.*

Exploatering i eller intill vattendragets strandmiljöer riskerar ofta negativ påverkan på vattendraget. Dessutom kan hårdgörning och bebyggelse inom vattendragets svämplan öka risken för stora samhällsekonomiska konsekvenser vid översvämningar (se avsnitt 2.1.6).

### 3.1 Parker, natur- och rekreationsområden

Vid exploatering av mark intill vattendrag som sedan tidigare är oexploaterad behöver ett skyddsavstånd beaktas. I det ideala fallet sker ingen hårdgörning eller anläggande av byggnader eller vägar inom vattendragets närområde eller svämplan. Även en grusad gång- och cykelväg innebär viss försämring av hydromorfologin men är givetvis bättre än en asfalterad yta. Samtidigt bör miljönyttan vägas mot stadens och invånarnas rekreationsintressen.

En kompromiss mellan människa och natur kan därför vara att nyttja vissa ytor i och omkring staden som parker, natur- och rekreationsområden. Andra kan lämnas mer orörda. I områden med lägre exploateringsgrad kan enklare stigar öka tillgängligheten till vattendraget för rekreation. Dock bör vattendragets strandkant och mer känsliga miljö undantas från fysisk påverkan. I mer kraftigt exploaterade områden kan till och med parker hjälpa till att restaurera vattendraget om det är starkt fysiskt degraderat. En parkmiljö kan med rätt utformning bevara och förstärka vattendragets egenskaper så som svämplan, vegetation och flikighet. Strandkanter med flacka lutningar skapar grunda vattenmiljöer med fluktuerande vattennivåer och bättre förutsättningar för biologisk mångfald. I grunda områden kan vattenväxter etableras. Dessutom



skapar grundområden attraktiva biotoper och habitat för fisk och insekter, vilka annars försvinner helt om kanten stensätts.

Gotlandsparken är ett relativt bra exempel på en stadsnära parkmiljö där ett grundområde med vegetation har skapats eller sparats längs vattenfårans kant, till skillnad mot den stensatta kanten på andra sidan ån (Figur 5).



*Figur 5. Gotlandsparken med viss bevarad flikighet, grundområde och vegetation. Ovan: Parken vid lågflöde. Foto: Uppsala kommun (2021). Nedan: Grundområden tillåts översvämmas vid högre vattenstånd, våren 2023. Foto: WRS.*



### 3.2 Vegetativ kantzons

Inom jordbruket är en åtgärd för att minska påverkan på diken och vattendrag att etablera en vegetativ buffert- eller kantzons närmast vattendraget som inte brukas alls eller endast extensivt (den ska i alla fall inte plöjas). Idén med en vegetativ kantzons kan som koncept överföras till stadsmiljön där intensiv markanvändning som hårdgörning och tak undviks närmast vattendraget (Figur 6). Vid exploateringsprojekt bör en plan finnas för hur stor del av kantzonen som bevaras och hur stor del som kan återställas efter anläggande. Fyrisåns hydromorfologi och ekologi skulle gynnas av en utökad vegetation i och kring vattendraget.



Figur 6. Exempel på mer ekologisk funktionella kantzoner med markvegetation, buskar och träd och liten andel hårdgjorda ytor. Foton från Stadsdelsparken, Backaplan, Göteborg (Göteborg stad m.fl., 2021).

Gamla träd av de rödlistade arterna skogsalm och ask bör uteslutas helt från avverkning (Naturföretaget, 2020). Vid återetablering bör den endemiska och naturliga mångfalden av arter gynnas. Exempelvis kan massor och jord med en naturlig fröbank från närliggande områden tas till den plats där en kantzons ska återetableras. Detta kan också kompletteras med mer planerad etablering av växter. Al (klibb- och gråal) är ett exempel på en inhemsk art som har positiv inverkan på kantzonsens ekologi och dessutom bra på att stabilisera marken nära vattnet (Degerman, 2008; AFRY, 2020). Även glasbjörk och arter av *Salix* kan planteras nära vattendraget, dock inte vitpil (*Salix alba*) eller knäckepil (*Salix fragilis*), då dessa lätt blir invasiva.

Lite längre upp från vattendraget, ovanför högvattenzonen, kan arter planteras som har svårt att kolonisera spontant, såsom hassel, lind, hagtorn och fläder. Arter som har det lättare att kolonisera är bland annat asp, alm, ask, sälg och vårtbjörk. I detta område rekommenderas vanligen inte bok, ek eller gran (om de ej är naturligt förekommande) då deras täta trädkronor skuggar ut undervegetationen som stabiliserar marken vilket medför ökad risk för erosion. Förutom träd behövs även busk- och markvegetation för en ekologiskt funktionell zons. Det är framförallt markfloran som kan förhindra markerosion (Degerman, 2008). Där marklutningen är stor kan det också krävas extra breda kantzoner.

Vegetativa kantzoner för med sig flertalet fördelar:

- **Skugga.** Vattendrag har ett betydande behov av naturlig beskuggning från kantzonen, både för vattendragets ljusklimat och temperatur. En onaturligt hög vattentemperatur förändrar livsvillkoren för vattendragets organismer. De blir stressade och kan i värsta fall dö. En måttlig skuggning från träd och buskar ger en högre diversitet och täthet hos både vegetation, bottenfauna och fisk (Degerman, 2008).

- **Ett mer naturligt morfologiskt tillstånd.** Mark som inte brukas aktivt i vattendragets närområde eller svämplan är positivt för vattendragets statusklassning och miljötillstånd.
- **Ekologiska värden.** Kantzoner är en biotopförbättrande åtgärd som skapar ett mikrohabitat som floran och faunan naturligt är anpassad till (Degerman, 2008; Länsstyrelsen i Västmanlands län, 2019). Kantzonen blir en livsmiljö och spridningskorridor för flertalet organismer. Den ger också föda till vattendraget i form av småkryp, löv och död ved (se avsnitt 3.3), vilket utgör basen för flera av näringskedjorna i vattnets ekosystem (Degerman, 2008; Naturföretaget, 2020). Rötter och annan vegetation som sticker ut i vattendraget från kantzonen ökar fårans friktion, vilket bildar ett lokalt mikrohabitat för organismer som trivs i lugnare vatten (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013).
- **Stabilisering, erosions- och översvämningsskydd.** Vegetation i kantzonen stabiliserar slänten och dess jordpartiklar, vilket gör att kantzonen fungerar som en naturlig markstabiliserare mot erosion (avsnitt 3.4) och jordrörelser (avsnitt 3.5). Rötter och vegetationen som finns i kantzonen minskar också den lokala erosionen då vattnets hastighet sänks och sedimentation gynnas. Ur ett översvämningssperspektiv kan kantsonsvegetationen, beroende på utformning, hålla kvar vatten i marken och på så sätt dämpa flödestoppar som kan uppstå vid högt vattenstånd (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013).

### 3.3 Död ved

En av parametrarna som utgör underlag till klassning av hydromorfologisk status är *död ved i vattendrag* (Havs- och vattenmyndigheten, 2013). Fyrisån har stor brist på död ved (Länsstyrelserna, 2007), vilket inte är unik i Sverige där man uppskattar att 90 % av vattendraget har brist på död ved (Länsstyrelsen i Kronobergs län, 2008).

Den döda veden skapar en mer varierad miljö och bottenstruktur och ger även skydd för flertalet djur och växter. Veden skapar denna miljö bland annat genom att förändra vattenflödet och sedimentationsansamlingen i vattendraget, vilket är viktigt för den biologiska mångfalden och vattendragets funktion och produktion. Döda träd som ligger längst strandkanten fungerar dessutom som erosionskydd genom att bryta vattenströmmar och vågor (Degerman, 2008; Länsstyrelsen i Kronobergs län, 2008).

Det bästa sättet från både ett ekonomiskt och ekologiskt perspektiv att öka mängden död ved är att låta träd som fallit naturligt ligga kvar (Figur 7 t.v.), så länge de inte skapar problem (Figur 7 t.h.). Om död ved skulle dämna vattendraget eller hindra passage behöver det nödvändigtvis inte tas bort. Istället kan trädet skjutas in mot kanten och vid behov förankra det, flytta det längre nedströms där det inte utgör ett hinder, eller såga det i delar och låta flödet förflytta bitarna (Degerman, 2008; Länsstyrelsen i Kronobergs län, 2008).

Ibland kan det motiveras att lägga ut död ved manuellt som restaureringsåtgärd. Detta ska dock ses som en temporär lösning om de naturliga kantzonerna är degraderade eller på väg att återetableras (Degerman, 2008). Den viktigaste åtgärden för att få långsiktig tillförsel av död ved är därför att utveckla och etablera vegetativa kantzoner (se avsnitt 3.2 ovan).



Figur 7. T.v. En sträcka av Fyrisån vid Fyrishov där död ved ligger i vattendraget utan att täcka fåran och hindra flödet. T.h. Ett dött träd har lagt sig horisontellt mot Fyrisvallsbrons mittenpelare och blockerar ena passagen under bron.

### 3.4 Erosionsskydd

Erosion är, som konstaterats ovan, en naturlig process i vattendrag. Många hotade arter är beroende av naturliga erosionsprocesser för att överleva. Vid olika typer av exploatering kan erosion dock vara oönskat, varför erosionsskydd anläggs, ofta med olika typer av artificiella strukturer. Det traditionella angreppssättet att motverka erosion i vattendrag har varit att anlägga stenskonung, där stenmaterial tillförs kanten. Åtgärder som denna innebär dock ofta negativ påverkan på det lokala växt- och djurlivet.

För att minska den negativa påverkan på hydromorfologin bör alternativa, mjukare och anpassade erosionsskydd övervägas i de situationer möjligheten finns. Erosion kan motverkas genom olika åtgärder. Dels kan skjuvbelastningen minskas genom att sänka flödes hastigheten och därmed påfrestningen på vattendragets kanter, dels kan åtgärder vidtas för att öka lokalens motståndskraft mot erosion (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013).

Ett erosionsskydd ska givetvis stå emot den högsta skjuvspänningen slänten utsätts för, för att inte spolats bort. Det behöver ha tillräcklig permeabilitet för att släppa igenom grundvatten och det får heller inte vara för tungt så att det riskerar att orsaka sättningar (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013).

#### 3.4.1 Flödesändringar och styrelement

Genom att ändra och minska flödes hastigheten längs en slänt kan erosion motverkas. Detta görs genom att införa olika styrelement. Sådana kan vara barriärer eller styrfenor som placeras uppströms slänten så att flödets riktning ändras och skjuvspänningen på slänten minskar. Detta leder också till ett förändrat erosionsmönster och en omfördelning av sediment där en djupfåra kan flyttas från en ytterkurva till flodfårans mitt. Ett annat alternativ är att stenblock läggs ut på botten som minskar flödet mot slänten, utan att utgöra hinder för vattenlevande organismer (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013).

Även biologiskt material, såsom stockar, kan användas för att bromsa upp flödet. Genom att reglera position och genomsläpplighet kan olika effekt på strömningen åstadkommas.



Exempelvis kan stockar stickas in horisontellt i banksedimentet så att en del av stocken sticker ut och bromsar upp flödet. Bakom skyddet skapas områden med lägre flöde och ökad sedimentation. En fördel med att använda biologiskt material är att död ved tillförs (se avsnitt 3.3). Denna typ av åtgärd kräver dock tillsyn och underhåll för att inte riskera att dämna upp för mycket och orsaka översvämning uppströms (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013).

### 3.4.2 Hårda erosionsskydd

Hårda erosionsskydd ökar hårdgörningen av en erosionsbenägen slänt för att på så sätt öka skjuvhållfastheten. Hårda erosionsskydd är i regel inte naturanpassade men kan ibland vara nödvändiga exempelvis längs farleder där det sker stor påverkan från fartygstrafik. Ofta kan släntlutningen vara 1:2 eller brantare för hårda erosionsskydd beroende på teknik (SGI, 2016b).

#### Spontning

Spontar i trä eller stål är vanligt vid hamnar och bryggor samt utmed kanaler, och även ett vanligt inslag i Fyrisån årum i Uppsalas (Figur 8). De anläggs för att motverka erosion, men också för att stabilisera strandlänten och förhindra skred och ras (SGI, 2016b). Denna typ av skydd skadar oftast det naturliga ekosystemet, försämrar åns hydromorfologi och tenderar att förflytta erosionsproblemet nedströms (SGI, 2016b). Om en spont ändå måste anläggas kan det förses med biotopförbättrande artificiella ytstrukturer (se avsnitt 6.1).



Figur 8. Stålspont i Fyrisån med branta, kala strandlänter.

#### Stenskoning

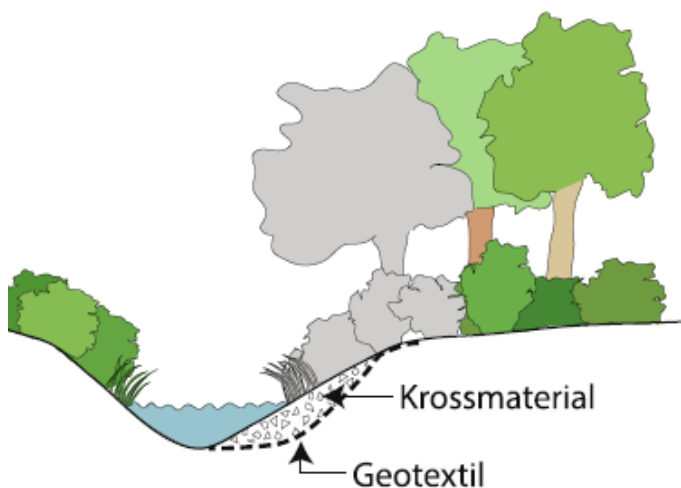
Ett annat hårt erosionsskydd som fungerar väl mot erosion men som har oönskade negativa effekter på ekosystem är stenskoning (Figur 9). Detta förhindrar att sediment transporteras bort från den stenskonade området men ökar ofta istället risken för erosion strax nedströms. När det kommer till materialanvändning är natursten bättre ut ett ekosystemperspektiv men eftersom det är en ändlig resurs kan det ur ett hållbarhetsperspektiv vara bättre att välja sprängsten (SGI, 2016b). Sprängstenen är dock mindre gynnsam för ekosystemen då de vassa kanterna har en negativ påverkan på fiskarnas slemlager om de kommer i kontakt med stenskoningen, varför det översta stenlagret ändå bör vara natursten, åtminstone upp till den nivå vattnet vanligtvis står (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013). Om stenskoning är nödvändigt kan matjord bredas ut över stenskoningens landparti för att underlätta återetablering av vegetation. Matjorden bör dock vara näringsfattig och anläggas på en nivå så att den inte spolats bort för att undvika onödigt näringsläckage till vattendraget.



Figur 9. Stenskoning i Fyrisån.

#### Andra hårda erosionsskydd - jordfilter, gabioner, geotextiler

Jordfilter består av lager med olika kornstorlekar. Finkornigt material läggs som ett understa skikt och täcks sedan av lager med grövre kornstorlekar med den grövsta kornstorleken ytterst. Befintliga träd och buskar kan då sparas och förutsättningarna för nyetablering av vegetation är relativt goda i jordfiltret. Gabioner är stålburar fyllda med sten som kan hantera mycket hög skjuvspänning. Där risken är stor för sättningar i erosionsbranten kan geotextiler vara ett bra alternativ. Det är dukar som läggs ut för att förhindra transport av material med vattnet. Denna åtgärd implementeras vanligtvis i kombination med andra åtgärder som krossmaterial (Figur 10).



Figur 10. Exempel på ett kombinerat hårt erosionsskydd. Krossmaterialet används för att öka skjuvhållfastheten och geotextilen för att förhindra att jordpartiklar förs bort med vattenflödet. Grå fält visar förlorad vegetation. Bild: Länsstyrelsen i Västra Götalands län (2013).

De hårda erosionsskydden för med sig negativa konsekvenser för naturvärden, både i vattnet och på land. Den naturliga vegetationen och de naturliga habitaterna försvinner med dessa konstruktioner. Dessutom förändras flödet och de processer som skapar varierande livsmiljöer i vattendraget. Flödet i vattendraget kan också öka till följd av minskad friktion mot de hårdgjorda ytorna, vilket ökar risken för översvämning och mer erosion nedströms (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013).

För att minska den hydromorfologiska påverkan av hårda erosionsskydd bör de fall där det ändå krävs hårda skydd sparas så mycket befintlig vegetation som möjligt och underlätta för nyetablering av vegetation. Exempelvis kan geotextiler, jordfilter och stenskoning beklätt med matjord vara ett mindre dåligt alternativ då dessa ändå kan utgöra grogrund för växter. Hårda erosionsskydd kan också med fördel kombineras med ett biologiskt erosionsskydd (se avsnitt 3.4.3 nedan).

I möjligaste mån bör det undvikas att lägga ut erosionsskydd på botten av ett vattendrag.

### 3.4.3 Mjuka erosionsskydd

Naturanpassade erosionsskydd konstrueras av helt eller delvis naturliga material. Därför blir också den hydromorfologiska påverkan av dessa skydd mindre. Det finns dock ingen tradition av att använda denna typ av skydd i Sverige. Idag finns inte någon vägledning för naturanpassade erosionsskydd men det är under framtagande (Havs- och Vattenmyndigheten, 2016). I andra delar av Europa och i Nordamerika har metoderna testats i högre utsträckning. Intresset för naturanpassade lösningar ökar även i Sverige på grund av de många fördelarna de har jämfört med konventionella metoder (SGI, 2016b).

Mjuka erosionsskydd fungerar bra även vid höga flödeshastigheter upp till 3–4 m/s och för strandlutningar upp till 1:3 (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013; SGI, 2016b). För vissa ler- och siltjordar med tjälbildning kan ibland biologiska erosionsskydd ensamma vara otillräckliga (Lundström och Andersson, 2008). Om så skulle vara fallet kan de kombineras med hårda erosionsskydd till så kallade kombinerade erosionsskydd (avsnitt 3.4.4).

#### Biologiska erosionsskydd

Förutom strandfodring, en vanlig metod för att skydda kuster, utgörs mjuka erosionsskydd av biologiska erosionsskydd. Med biologiska erosionsskydd kan bland annat växtrötter binda jordpartiklarna och förhindra sedimenttransport. Rötterna skapar dessutom hålrum i marken vilket gör att infiltrationen ökar och växterna tar upp vatten som avges ovanför vattenytan genom evapotranspiration.

Det finns många sätt att konstruera biologiska erosionsskydd. En slänt kan exempelvis besås med gräs och planteras med buskar och träd. Trädens rötter bromsar upp flödet och hjälper till att stabilera slänten. Träd längs åkanter genererar också död ved i vattendraget vilket ger livsrum för vattenlevande djur och gynnar insekter, mossor och svampar. Nedfallna löv och andra växtdelar utgör födokälla för bottenfaunan. Skuggan från träd och annan vegetation kan förhindra igenväxning i vattendragen och hålla nere vattentemperaturen. Att anlägga strandnära buffertzoner är en vanlig metod för att begränsa mänsklig påverkan, såsom näringsläckage, i vattendrag där markanvändningen i avrinningsområdet är kraftigt modifierad (Sargac, 2022).

Död ved kan också användas. Vid släntens fot, som utsätts för höga skjuvspänningar från vattnet, kan träskonning, stockar som läggs ut längs vattendragets kant, eller naturfiber matta användas. Det går även att kombinera olika biologiska erosionsskydd, exempelvis kan växter planteras i kombination med träskonning eller tillsammans med ett bionät, ett biologiskt nedbrytbart nät.

Ur ett naturvårdsperspektiv är biologiska erosionsskydd därför att föredra (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013). Det behöver dock tas i beaktning att etablering kan ta viss tid och att ett visst underhåll kan krävas för att vegetationen ska etableras. Under etableringsfasen är funktionen som erosionsskydd begränsad. Det finns också risk att etablering påverkas av störningar i väder- och markförhållanden. Det är därför viktigt att budgetera för underhåll i 5-10



år efter anläggande för att rotsystemen ska hinna bli tillräckligt stora och växterna ovan mark nå en tillräcklig höjd för att stå emot vågor och varierande vattennivåer (SGI, 2016b).

### Vegetation

Ett naturligt vegetationstäckande av gräs, träd och buskar kan ge markstabilitet och erosionsskydd (Eriksson m.fl., 2011). Att låta naturligt etablerade träd, buskar och gräs finnas kvar i strandkanter är därför av stor betydelse. Om nyplantering ska ske bör den naturligt förekommande växtlighet i strandkanten avgöra vad som är lämpligt att plantera på platsen. Till exempel kan misstag ske om träd planteras vid vattendrag där stabiliteten är beroende av förekomsten av gräs (Länsstyrelsen i Jönköpings län, 2017b).

För att erhålla en snabb etablering kan det vara lämpligt att använda olika *Salix*-arter i kombination med redan rotade växter såsom buskar och träd (Lundström och Andersson, 2008). Växtetablering behöver ske vid en lämplig tidpunkt. På torra och branta slänter kan en erosionsmatta (exempelvis biotextilväv som beskrivs nedan) behövas för att förstärka slänten, och detta kombineras då med utsädd av gräsfrön.

### Biotextilväv

En stadgande väv som armerar marken kan användas för att underlätta etablering av vegetation. En typ är mattor av kokosrep (Figur 11) som vanligt vis används vid erosionssäkring av åar och strandbrinkar där växterna behöver hjälp att etableras de första åren. Kokosnät har en livslängd på 3–5 år, något kortare om nätet placeras i kontakt med vatten. En annan typ är jutenät, med en kortare livslängd på 1–2 år, som vanligen används för att temporärt säkra en slänt vid etablering av gräs. Jutenätet är bra på att hålla fukt och kan hålla vatten motsvarande fem gånger sin vikt (Byggros, 2012). Mattor av dessa tropiska växtmaterial finns idag på marknaden men rimligen kan de även tillverkas av mer inhemska material så som hampafiber.

De biologiska marknäten kan användas både på land och i vatten och skyddar mot erosion både från vind och vatten (Veg Tech, 2023a). Näten förankras med jordspik av trä. Det är viktigt att använda nedbrytbara material eftersom att det finns risk att fisk fastnar i dåligt förankrade nät av polypropen, vilket används som stödnät i vissa produkter. Ordentlig förankring motverkar också så kallad underspolning, sedimenttransport under näten, vilket kan ske när näten inte har fullständig kontakt med underliggande mark (Byggros, 2012).

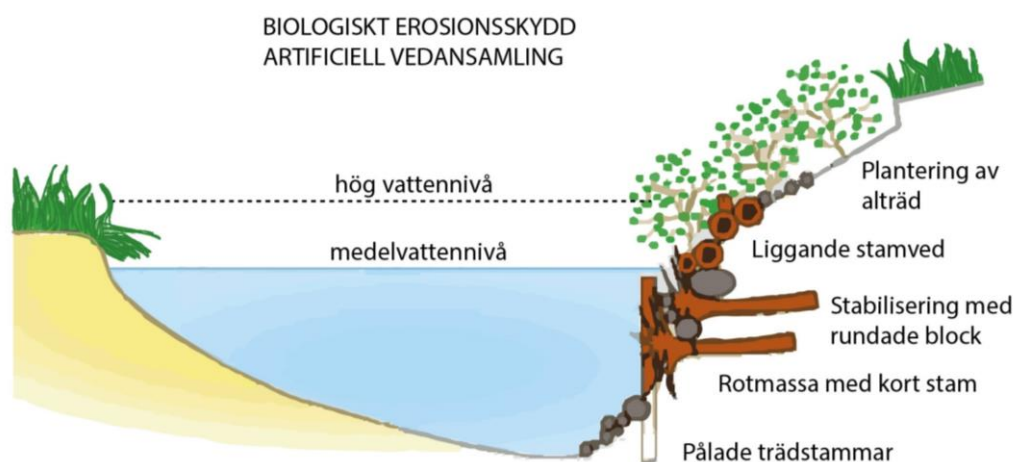


Figur 11. Kokosnät med etablering av växter. Foto: Veg Tech (2023a).



### 3.4.4 Kombinerade erosionsskydd

Som tidigare nämnts kan hårda och mjuka erosionsskydd kombineras för att få fördelarna av båda typerna. Ett sätt att göra detta är att placera stenar och stockar i flodbanken för att öka skjuvhållfastheten. I slänten ovanför planteras växtlighet (Figur 12). Stenskoning kan också kombineras med ett bionät för att inte anlägga hårda erosionsskydd på en större yta än nödvändigt. Säkerhetsstandarder kan på så sätt uppnås samtidigt som vissa naturvärden också skapas. I strandbanken upp till nivån för medelvattenståndet, där det mesta av erosionen sker, anläggs med stenskoning och därefter läggs bionät ut på resten av slänten. På bionätet kan då växtlighet planteras. Släntens lutning vid kombinerade erosionsskydd (med stenskoning) bör inte överstiga 1:2 (Havs- och Vattenmyndigheten, 2016). Det bör poängteras att kombinerade erosionsskydd fortfarande förändrar de hydromorfologiska processerna negativt men kan begränsa påverkan till viss del.



Figur 12. Exempel på ett kombinerat erosionsskydd. Sten och stamved har lagts om vartannat och hårdgjort banken. Stamveden placerar både horisontalt och vertikalt och rotmassa sticker ut i vattnet och bromsar upp flödet. Illustration: Johan Kling (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013).

### 3.5 Skred- och rasskydd

För att förhindra ras och skred i slänter tillämpas ofta åtgärder som har som syfte att öka markstabiliteten:

- Ändra belastningen så att de mothållande massorna ökar eller de pådrivande massorna minskar, exempelvis genom avschaktning och utbyte av massor, stödfyllning eller omgrävning av vattendrag.
- Sänka av höga grundvattennivåer genom dränering eller pumpning.
- Förankra jordmassan som riskerar att glida iväg eller förhindra erosion så att motvikten i slänten inte förändras, med hjälp av biologiska släntförstärkare, jordspikning eller kalkcementpelare (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2013).

Alla ovannämnda skydd för skred och ras har oundvikligen en negativ påverkan på hydromorfologin om de görs i eller i närheten av ett vattendrag. Troligen har dock stabilisering av jordvolymen en mindre negativ påverkan än övriga åtgärder då detta ändå möjliggör etablering av träd och annan naturlig vegetation.

Kulvertering omnämns också som en åtgärd för att förhindra skred och ras men bör i största möjliga mån undvikas då det har en stor negativ effekt på vattendragens naturliga funktioner.

## 4 Bryggor

Bryggor kan ha en betydande negativ miljöpåverkan genom att förändra strukturen på vattendragets botten och kanter, orsaka uppgrumling, förändra flödet och strömmar, påverka vågor samt inskränka på det naturliga svämplanet och närområdet.

Innan en brygga anläggs behöver därför nyttor vägas mot miljöpåverkan och platsens lämplighet bedömas. Generellt bör strandkanten försöka användas så effektivt som möjligt och endast de bryggor som anses nödvändiga bör anläggas. När en brygga anses behövlig kan den negativa påverkan minskas genom att:

- Anlägga en större brygga hellre än flera små, förutsatt att den totala ytan är likvärdig.
- Förlänga en befintlig brygga hellre än att anlägga en ny (Shafer, 2002; Havsmiljöinstitutet, 2019; Länsstyrelsen i Östergötland, 2023).

### 4.1 Beskuggning

Artificiella strukturer ovan vatten så som en brygga eller bro skuggar ofta vattendraget, vilket påverkar organismer som lever under strukturen, oftast på åbotten. Vid kraftig beskuggning, så som av en flytbrygga, påverkas vegetationen under bryggan starkt negativt och i värsta fall dör den (Burdick och Short, 1999; Länsstyrelsen i Östergötland, 2023). Då bottenvegetation binder sediment med sina rotsystem, finns risk för en onaturlig sedimenttransport, särskilt av mjuka bottnar (Thompson m.fl., 2004). I den svenska vattenförvaltningen motsvarar detta en försämring av den hydromorfologiska parametern *Vattendragsfårans bottensubstrat* (Havs- och vattenmyndigheten, 2013).

Följande avsnitt innehåller ett antal åtgärder för att minska beskuggningen från bryggor.

#### 4.1.1 Placering

Bryggor ska undvikas att anläggas i känsliga områden en på platser som behöver muddras för att anlägga bryggan (Hansen, 2020). Mjukbotten med rotad vegetation, vilket Fyrisån till stor del består av (se avsnitt 2.1.1), är en av de känsligaste botten typerna (Länsstyrelsen i Östergötland, 2023). På dessa bottnar bör bryggor undvikas i största möjligaste mån. Särskilt viktigt är det att inte anlägga bryggor (eller några andra artificiella strukturer) där undervattensvegetationen är av sällsynt eller består av känsliga arter. Vegetationen används som förnygringsområden för fauna (exempelvis asp). Bottenvegetationen stabiliserar botten och motverkar erosion av sediment och spridning av eventuella föroreningar från botten.

Bryggor ska helst anläggas på djupare vatten då de grunda områdena är de som hyser mest bottenvegetation och högst biologiska värden. Grunda områden i Fyrisån är där vattendjupet är mellan 0 och 2,5 meter.

Bryggor bör generellt placeras i nord-sydlig riktning för att ge så lite skuggning som möjligt. En placering högre upp ovanför vattenytan gör också att mer solljus når ner och mer vegetation överlever (Beal och Schmit, 1999; Shafer, 1999; Länsstyrelsen i Östergötland, 2023).

#### 4.1.2 Utformning

Det är en fördel om bryggan släpper förbi eller igenom solljus. Bryggan bör därför vara så liten som möjligt för att få minsta beskuggning. Länsstyrelsen i Östergötland (2023) rekommenderar att pålade bryggor inte ska vara bredare än 1,4 meter, flytbryggor för bad maximalt 1,5 meter och flytbryggor för båtsyfte ska inte vara bredare än 2,4 meter.

Springor och håligheter i bryggan kan förbättra ljusgenomsläpligheten. Görs bryggan av trä rekommenderar *Massachusetts Division of Marine Fisheries och The Ecosystems Center* (2014) ett mellanrum mellan brädorna på 2 cm, men gärna större om det inte hindrar framkomligheten. Om bryggan ska tillgänglighetsanpassas kan dock både bredd och springor behöva justeras, se BFS 2011:5 (Boverket, 2011).

För att öka genomsläpligheten av solljus kan bryggan istället byggas av nät- eller gallermaterial som fiberglas, aluminium eller plast (Figur 13), där fiberglas har dokumenterad positiv ljusgenomsläplighet (Shafer, 2002). Med galler som däckbetäckning har en studie visat att den ökade ljuspenetrationen genom bryggan påverkar vegetationen positivt, även om skuggning bryggan inte försvinner helt (Gladstone och Courtenay, 2014). Att ta upp bryggan under vinterhalvåret kan också vara ett alternativ för att minska beskuggningen (Havsmiljöinstitutet, 2019).



Figur 13. T.v. En typ av bryggkonstruktion med stål- eller aluminiumram. Däcket görs av metall eller polypropen och kan släppa igenom en del solljus (The Dock Company, 2023). T.h. Ljusgenomsläpp i en brygga med glasfibergaller (Shafer, 2002).

## 4.2 Flytande eller fast brygga?

Vid grunda beväxta mjukbottnar som Fyrisån till stor del består av (se avsnitt 2.1.1) har en upphöjd permanent brygga betydligt mindre negativ påverkan än en flytbrygga (Shafer, 2002; Lundborg, 2011).

### 4.2.1 Fast brygga

En fast brygga är i de allra flesta fall att föredra då:

- Det har visat sig att det finns dubbelt så mycket vegetation under upphöjda bryggor än under flytbryggor. Höjden ovanför vattendragets botten är den viktigaste faktorn för minskad beskuggning och för överlevnad av bottenvegetationen.
- Fasta bryggor ger inte samma mekaniska slitage på bottensediment och vegetation som flytbryggor som är fästa i ankarkättingar.
- En pålad brygga har inte samma vågbrytande effekt som flytbryggor. De förändrar inte vattengenomströmningen lika mycket och påverkar därför inte heller de bottenlevande organismernas habitat i samma utsträckning.

- Flytbryggor skapar en pumpande/sugande effekt i vattnet genom att de häver i vågor. Denna effekt skapar slitage och uppgrumling av mjukbottnar. En fast brygga skapar ingen sådan pumpeffekt.
- Under fasta bryggor är vattengenomströmningen mindre påverkad och riskerar inte att skapa syrebrist vid nedbrytning av organiskt bottenmaterial, vilket kan uppstå under flytbryggor.
- Fasta bryggor kan vara smalare än flytbryggor och ändå få tillräcklig stabilitet.
- Fasta bryggor påverkas inte på samma sätt av vattenståndsvariationer och riskerar inte att skava mot strandkanten eller erodera botten där den sitter förankrad.
- Flytbryggor kräver även någon typ av bärig och erosionskyddad åtkomst av fordon till strandkanten för upplockning och isättning (Burdick och Short, 1999; Shafer, 2002; Lundborg, 2011; Eriander m.fl., 2017; Länsstyrelsen i Östergötland, 2023).

#### 4.2.2 Flytbryggor

Flytbryggor har vissa fördelar och bedöms bland annat vara lämpligare på djupare vatten över 8 meters djup. Detta är dock aldrig relevant för Fyrisån. Flytbryggor följer vattenståndet, vilket exempelvis gör ombordstigning på båtar lättare och förtöjningstamper behöver heller inte justeras efter vattennivåerna. Flytbryggor kan vara enklare att anlägga på platser där botten inte passar för pålning. De är också mindre utsatta för isrelaterade skador då bryggorna kan plockas upp under vinterhalvåret (Lundborg, 2011; Länsstyrelsen i Östergötland, 2023).

Om en flytbrygga väljs att anläggas bör följande aspekter vägas in, förutom de allmänna rekommendationerna om placering och utformning i avsnitten 4.1.1 och 4.1.2:

- Fyrisåns grunda mjukbottnar kommer innebära att en flytbrygga som anläggs alltid hamnar inom det känsliga, grunda området av vattendraget med bottenvegetation. Forskning påpekar att det är av särskild vikt att framför allt flytbryggor inte anläggs inom just detta område.
- Flytbryggor med ”I-form” har visat sig ha mindre negativ påverkan på bottenvegetationen än flytbryggor med en ”T-” eller ”L-form”.
- Ta upp flytbryggorna under vinterhalvåret för att minska påverkan på vegetation och strandkant. (Shafer, 2002; Havsmiljöinstitutet, 2019)

## 5 Broar

### 5.1 Placering och utformning av brokonstruktioner



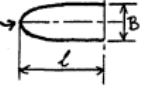
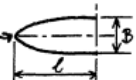
Brokonstruktioner är en artificiell struktur som påverkar hydromorfologin negativt. Därför behöver en avvägning alltid göras mellan samhällsnyttan och dess miljöpåverkan. Den negativa påverkan på hydromorfologin minskar om brostöd, landfästen och tillfartsbank placeras på land (Vägverket, 1987a) och även utanför vattendragets svämplan eller närområde, vilket troligen är svårt i tät stadsbebyggelse.

Erosionsskydd krävs ofta vid anläggande av en bro. Olika typer av erosionsskydd och dess hydromorfologiska påverkan tas upp i avsnitt 3.4. Det är önskvärt att mjuka och biologiska erosionsskydd används i första hand (avsnitt 3.4.3) samt att de inte görs större än nödvändigt (Vägverket, 1987b).

Bropelare som placeras i vattendraget påverkar vattenflödets naturliga hastighet och riktning. Denna förändring leder bland annat till ökad turbulens och erosion på vattendragets botten och kanter kring strukturen (Vägverket, 1987a). Den lokala erosionen, ofta tillsammans med strukturens beskuggning, leder till att bottenvegetation har svårt att återetableras runt pelarna (Shafer, 2002).

I de fall pelare placeras i vattendraget rekommenderas därför att använda så få pelare som möjligt och att dessa pelare placeras så långt isär som möjligt. Pelarens ytstruktur kan förbättras genom att använda biotopförbättrande artificiella strukturer (avsnitt 6.1) eller rev (avsnitt 6.2). Även pelarens bredd, längd och form kan utformas så att den hydromorfologiska påverkan minskar om:

- Pelarens längdriktning sammanfaller med vattendragets strömriktning.
- Pelaren inte placeras i djupfårans mitt, då den lokala erosionen är som störst där. Pelarens får inte heller placeras alltför nära strandkanten för att undvika onödig erosion där.
- Grundläggningsnivån för pelarens bottenplatta bör vara helt plan under vattendragets botten. En lutande grundläggning kan skapa nederodering och minskar stödets stabilitet.
- Pelaren är mer linsformad istället för trubbig (Figur 14) (Vägverket, 1987a).

Pelarnosens		
form	längd:bredd	$k_n$
Rektangulär 	—	1,00
Halvcirkulär 	1:2	0,90
Elliptisk 	2:1 3:1	0,80 0,75
Linsformad 	2:1 3:1	0,80 0,70

Figur 14. Pelarnosens forms påverkar den lokala erosionen vid pelaren. Ett lägre värde på koefficienten  $k_n$  ger lägre erosion (Vägverket, 1987a).



## 5.2 Beskuggning dagtid

Precis som bryggor skapar broar en negativ effekt på hydromorfologin genom beskuggning. En del av de åtgärder för bryggor som minskar beskuggningen genom placering (avsnitt 4.1.1) och utformning (avsnitt 4.1.2) kan även tillämpas för broar. Exempelvis är det positivt om beläggningen släpper igenom ljus (mer tillämbart för gång- och cykelbroar) och bron konstrueras så högt upp som möjligt för öka solinstrålningen (Struck m.fl., 2004). Det är också fördelaktigt att anlägga en så smal bro som möjligt (Länsstyrelsen i Östergötland, 2023).

Beskuggning från artificiella strukturer har visat sig fungera som ett hinder för viss migrerande fisk. Då en bro täcker hela vattendragets bredd skapas en skuggbarriär (Figur 16). En studie har visat att lampor som sänder ut ljus som liknar solljus kan placeras på undersidan av beskuggande artificiella strukturer för att dämpa barriäreffekten från skuggan (Washington State Transportation Center, 2010). Det är dock viktigt att dessa lampor endast ska bestråla det beskuggade området och är tända dagtid, annars kan de istället utgöra en barriär nattetid (se avsnitt 5.3). På upphöjda konstruktioner som färjeterminaler och broar har även glasprismor och reflektiva paneler på en experimentell nivå visat att de kan öka mängden ljus under strukturer (Shafer, 2002). Observera att ovan slutsatser kring belysning dagtid bygger på ett begränsat antal studier.



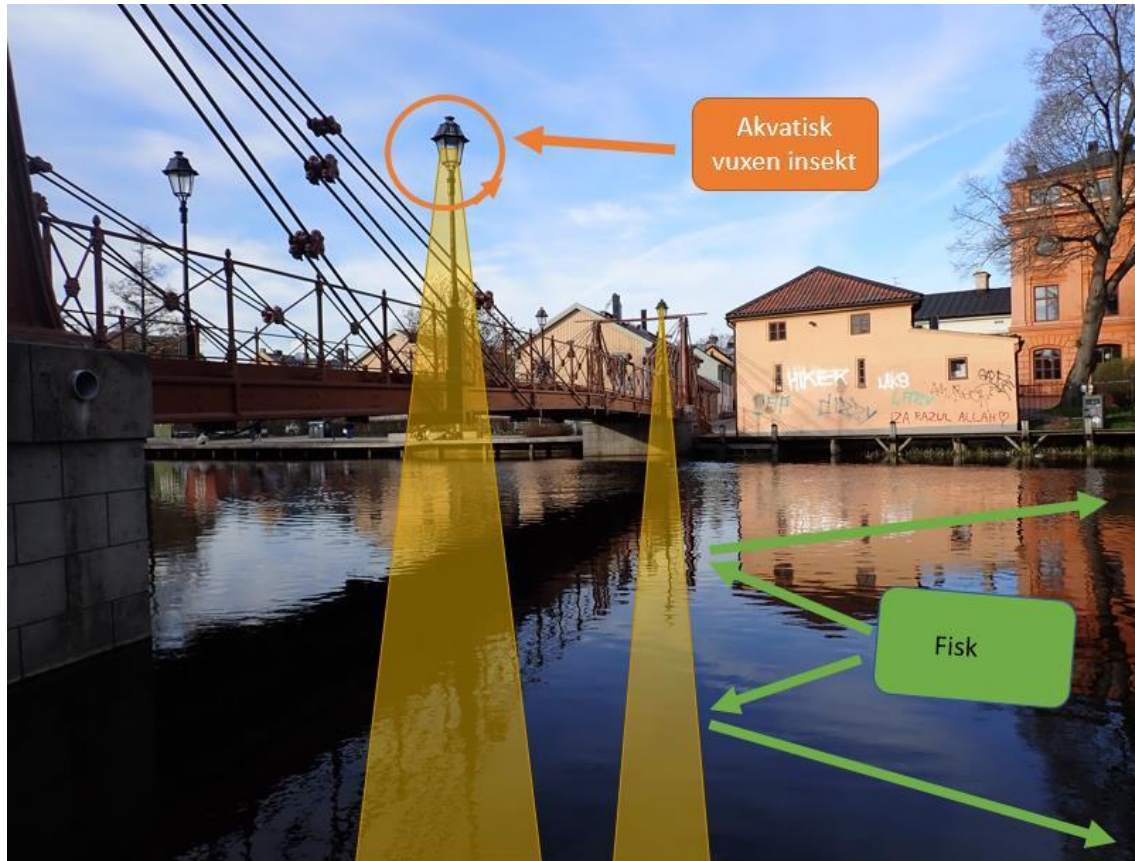
*Figur 15. Tunabergsbron beskuggar vattnet och kan försvåra migration av vattenlevande organismer.*

## 5.3 Belysning nattetid

Belysning kring vattendrag är ett stort problem för djurs migration. Just vattendrag är extra utsatta, jämfört med till exempel sjöar, eftersom stadens belysning kan nå alla delar av vattendraget på ett helt annat sätt än exempelvis de mittersta och djupare delarna av en sjö. Belysning på broar, men även från gator, byggnader och vägar intill vattendraget, kan skapa en barriär för migrerande fisk (Jechow och Hölker, 2019; Sordello m.fl., 2021) (Figur 16). Fisk som stöter på en barriär av artificiellt ljus har visat sig reagera genom att antingen fördröja migrationen, inte passera alls eller passera den belysta barriären snabbare än om området hade varit mörkt. Dessa beteenden beror på att fiskarna tolkar artificiellt ljus som fara, eftersom de känner sig mer synliga för predatorer (Riley m.fl., 2012; Vowles och Kemp, 2021). Denna känsla av rädsla påverkar även andra beteenden hos fiskarna, så som reproduktion, födosök och

val av föda. Därför dras slutsatsen att artificiellt ljus leder till fragmentering, habitatförlust och ökad dödlighet hos fiskar (Perkin m.fl., 2011; Sordello m.fl., 2021).

Artificiell belysning påverkar också insekter, fladdermöss och andra nattlevande djur negativt. Bland annat har högre dödlighet visat sig hos akvatiska insekter i vattendrag med mycket artificiell belysning. När vuxna individer sprider sig till den landbaserade miljön fastnar de i en ändlös rutt runt lamporna tills de dör (Perkin m.fl., 2011).

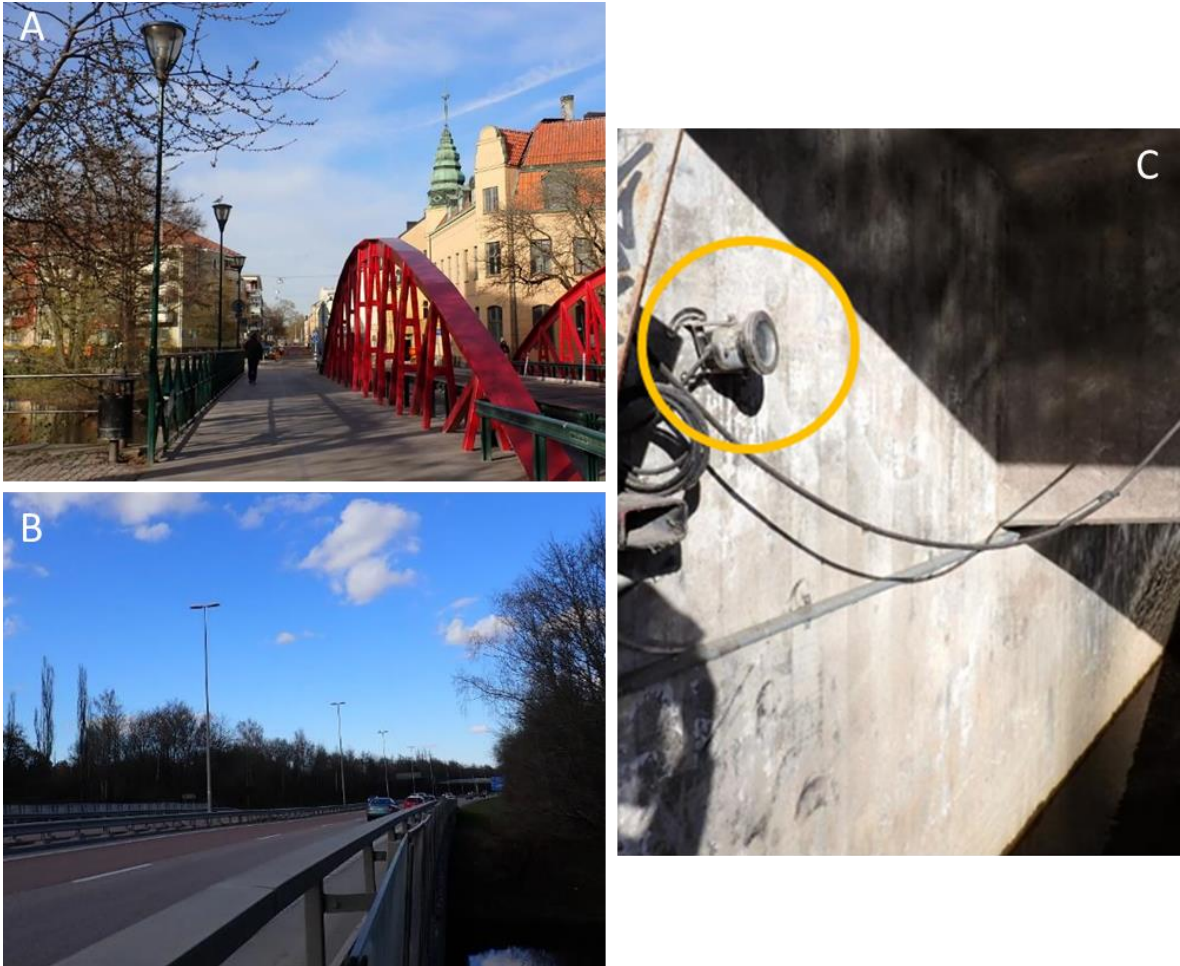


Figur 16. Järnbron i Fyrisån med principiell illustration över hur fiskars migration och akvatiska insekter påverkas av artificiellt ljus. Modifierad från Sordello m.fl. (2021).

För att minska påverkan bör artificiellt ljus begränsas så mycket det går och endast ske där det är nödvändigt (Sordello m.fl., 2021). För det ljus som ändå är tätt på natten kan placering, utstrålningsmönster, ljusets våglängd och intensitet ändå mildra påverkan.

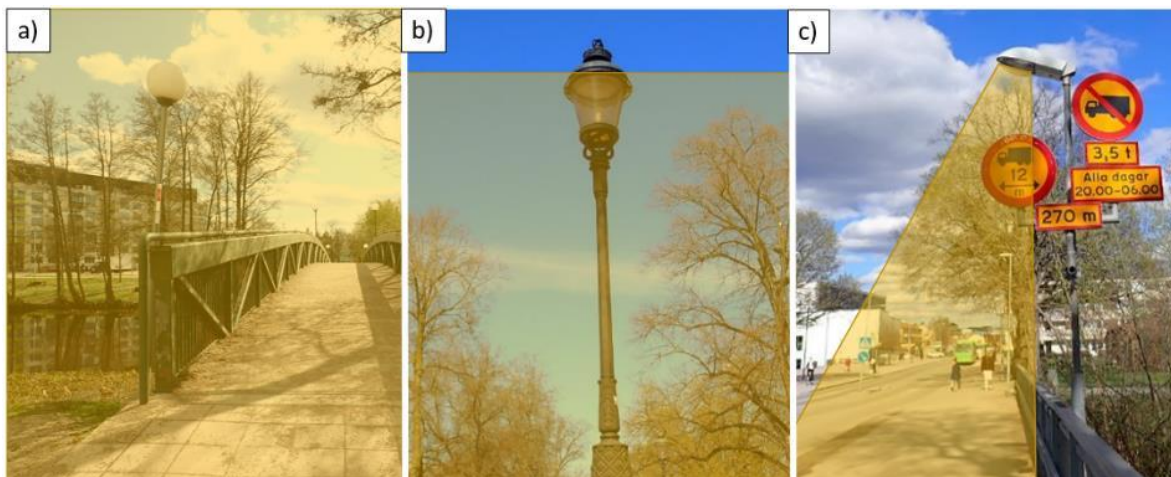


Gatlampor som är höga, alltså högt upp från vattendraget, har visat sig minska mortaliteten hos de akvatiska insekter som flyger nära marken (Perkin m.fl., 2011). På broar går det att designa och placera lampor med omsorg så att ljusinstrålning på vattendraget i princip försvinner. Att lampan lyser rakt ned i vattendraget är inte önskvärt (Figur 17 A). Istället kan lampor placeras en bit in på bron för att endas belysa ovansidan (Figur 17 B). Belysning som är placerade på undersidan av broar lyser nattetid (Figur 17 C) är mycket negativt och bör undvikas i möjligaste mån (Jechow och Hölker, 2019).



*Figur 17. A) Haglunds bro (Skolgatan i Uppsala) med brolampor som lyser ned i vattendraget. En bättre placering hade varit längre in på bron, exempelvis vid den röda bågen. B) Tunabergsbron med belysning mitt på bron vilket minskar påverkan på vattendraget. C) St. Olofsbron med belysning under bron ger en negativ effekt på det akvatiska livet.*

Val av lampa är viktigt då det påverkar utstrålningsmönstret. Generellt kan sägas att det finns lampor som (a) strålar åt alla håll, (b) som belyser en stor yta nedåt och (c) som riktar ljuset mot en mindre yta (Figur 18) där de senare är att föredra. En modern lampa med optik som riktar ljuset bort från vattendraget har mindre negativ påverkan (Jechow och Hölker, 2019).



Figur 18. Ljusets strålningsmönster visualiserat från olika typer. a) GC-bro vid Fyrisvallsbron, b) Nybron och c) Fyrisvallsbron. Figur modifierad från Jechow och Hölker (2019).

För att minska onödig belysning i staden kan gatulampor hållas släckta om skyltfönster och annan belysning fortfarande är tänd och ger tillräcklig belysning (Sordello m.fl., 2021). Även belysning med rörelsedetektorer skulle minska ljusföroreningar. Rörelsedetektorer kan användas för att helt tända eller släcka belysning men också för att exempelvis kunna ha låg ljusintensitet på lamporna som lyser upp en bro, för att sedan öka intensiteten när rörelsesensorerna triggas, likt en rulltrappa som ökar i hastighet när en gående kommer nära.

Flertalet studier visar också att djur är mer känsliga för ljus med särskilda våglängder (färger). Det finns inget ljus som är helt utan påverkan på organismer men vitt ljus och annat ljus med brett spektrum av våglängder är sämst att använda. Även blått ljus verkar påverka många arter negativt. Bättre färg är i sådana fall rödaktig och bärnstensfärgat (gult/orange) ljus (Perkin m.fl., 2011; Sordello m.fl., 2021; Vowles och Kemp, 2021).

Ljusintensitet mäts i enheten lux och kan också påverka djur negativt. Ju högre intensitet, desto större påverkan antas ljuset ha på biologiska processer, detta är dock inte bevisat. Här finns en diskrepans mellan önskvärd belysning i städer och belysning som inte påverkar djur negativt. Gatubelysning sätts vanligtvis på när omgivningens belysningsstyrka är under 16 lux (McCarthy, 2021) medan en ljusintensitet som inte har en alltför stor påverkan på djur bedöms ligga under 0,05-0,10 lux (Sordello m.fl., 2021).

## 6 Artificiella biotopförbättrande åtgärder

Återställning av degraderade ekosystem i vattendrag ska i första hand göras med tillförsel av naturliga habitatstrukturer som block, lekgrus, död ved och risvasar (Sandin m.fl., 2020; Degerman och Näslund, 2021). I kraftigt exploaterade områden med många artificiella strukturer som bropelare, bryggor och spontar kan dock artificiella biotopförbättrande åtgärder krävas på dessa annars kala och artfattiga ytor.

Forskning har visat att biodiversiteten är lägre på artificiella strukturer än i den naturliga miljön. Detta beror på att den befintliga livsmiljön delas av och spridningsbarriärer skapas. Visserligen kan organismer som lever på hårda bottenar gynnas av att hårda strukturer och substrat anläggs, men för många andra organismer medför det negativa konsekvenser (Lundborg, 2011; Havsmiljöinstitutet, 2019).

Längs långa sträckor av Fyrisån finns stor förbättringspotential för ekologisk restaurering, även där ån är kraftigt fysiskt påverkad. Åkanterna som är stensatta eller spontade är raka, kala och ger dåliga förutsättningarna för organismer att fästa (Figur 19 t.v.). På sådana platser bör möjligheterna att använda sig av artificiella ytstrukturer utvärderas för att skapa habitat och ytor där organismer kan fästa. Även på något så onaturligt som stensatta åmurar syns potentialen i den skrovliga och ojämna ytan där växter spontant etablerat sig (Figur 19 t.h.). Ytan under vattennivån är lika viktig som den ovan.



*Figur 19. T.v. Exempel på en kal åkant i Fyrisån där färre organismer kan etableras. T.h. En något ojämn stensatt åmur med hålrum ger ändå viss möjlighet för organismer att etablera sig.*

Om artificiella bottenstrukturer introduceras är det viktigt att befintliga strömsträckor bevaras och inte påverkas. Fyrisåns viktigaste strömsträcka för asp är den precis nedströms Kvarnfallet. Det är även viktigt att bevara de naturliga mjukbottenar som inte är alltför påverkade. Fokus vid eventuellt införande av artificiella strukturer i Fyrisån bör därför vara som en kompensatorisk åtgärd i redan degraderade livsmiljöer kring spontar, bropelare, bryggor och erosionskydd.

Syftet med artificiella biotopförbättrande ytstrukturer och rev är att efterlikna naturliga habitatstrukturer. De kan med rätt utformning och placering ge positiva effekter på produktivitet och rening i vattendrag, sjöar och havsmiljöer (Kalita m.fl., 2022). Det ska dock poängtera att majoriteten av forskningen på dessa strukturer har gjorts i marina (havsvatten) miljöer medan Fyrisån är en limnisk (sötvatten) miljö.



## 6.1 Ytstrukturer

Syftet med artificiella ytstrukturer är att skapa habitat och skydd för vattenorganismer. Internationellt har det gjorts en del försök med att anpassa bryggor för att minska deras negativa miljöpåverkan. Detta kan göras genom att hänga artificiella ytstrukturer under bryggorna som skapar livsmiljöer och gömställen åt djur. Till exempel har nät med mussel- och ostronskal testats (Havsmiljöinstitutet, 2019). Även båtramper och vågbrytare utgör liknande typer av hårda strukturer där det går att skapa ytor för organismer att fästa på.

Vid spontade kanter kan lådor med vattenväxter placeras för att skapa en mer naturlig övergång mellan land och vatten (Figur 20 t.v.). Under vattenytan kan nät med växtmaterial och andra substrat läggas intill spontanen (Figur 20 t.h.). Detta skapar skydd, reproduktionsplatser och födosöksplatser för fiskar och andra djur. Växterna har även en viss positiv effekt på vattenkvaliteten lokalt (Reef Systems, 2023).



Figur 20. Exempel på strukturer som gynnar organismer. T.v. Spont med planterade växter. T.h. Spont med lådor för växter och nät under vattenytan fyllda med växtmaterial. Foto: Reef Systems (2023).

Släta och vertikala kajkanter gör det svårt för vattenlevande organismer att få fäste. I Helsingborg har man i samband med byggnationen av en ny containerterminal börjat se över möjligheter att anpassa hamnområdet för att skapa bättre förutsättningar för vattenlevande organismer (Innovation Helsingborg, 2023). Bland annat undersöks möjligheten att placera strukturplattor på kajväggarna som efterliknar de många skrymslen och vrån som naturliga rev erbjuder (Figur 21). Här kan vattenlevande organismer som bland annat blåmusslor och krabbor bosätta sig (Helsingborgs hamn, 2022). En annan typ av struktur som har testats i projektet är keramikplattor med håligheter som fästs på en vågformad stålram. Denna materialsnåla och lätta struktur skapar habitat för sjögräs och fiskyngel (Reef Design Lab, 2022).

Flera forskningsstudier har visat potentialen för dessa strukturer att ge ökade förutsättningar för biologisk mångfald och en mer naturlig artsammansättning (Bishop m.fl., 2022). Dessa strukturer är dock anpassade för marina miljöer och hur väl de fungerar i sötvatten är oklart. Här finns möjlighet för Uppsala kommun att initiera pilotprojekt i Fyrisån och bidra till att öka kunskapen. Lämpliga platser att fästa liknande artificiella strukturer på bör kunna vara betongstrukturer som brostöd och eventuellt på spontar och stensatta kajkanter.



Figur 21. Strukturplattor längst kajkant. Foto: Miljöförvaltningen i Helsingborg stad (2021).

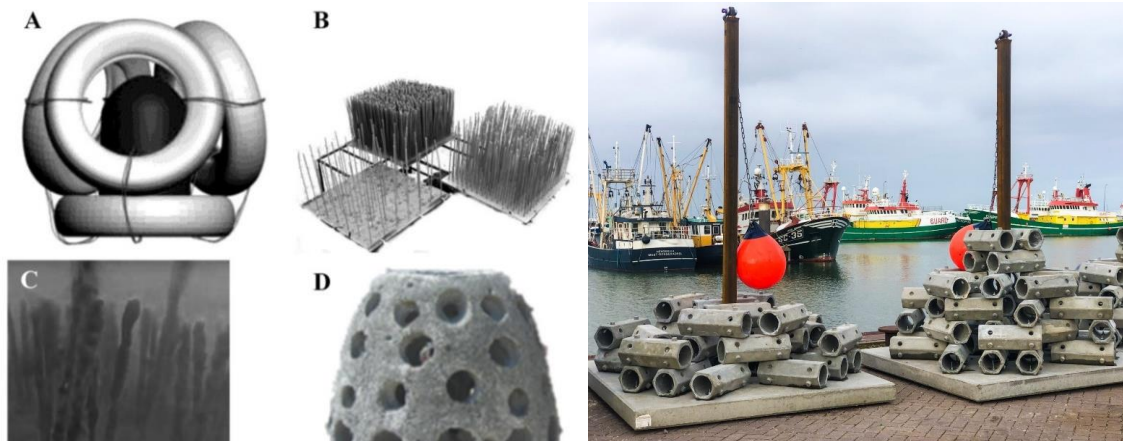
## 6.2 Rev

På botten av vattendrag kan så kallade artificiella rev placeras ut. Dessa syftar till att efterlikna naturliga rev och kan hjälpa till att öka fiskebestånden. Det är dock viktigt innan utläggande att undersöka om det är just bristen på bottenstrukturer som begränsar förutsättningarna för fiskpopulationers utveckling. Det har nämligen visat sig att befintliga obalanser i fiskebestånden kan förstärkas av introducerandet av artificiella rev (Prince m.fl., 1977). Om de introduceras av rätt anledning på rätt plats ses de dock som fördelaktiga både ur ett ekonomiskt och ekologiskt perspektiv. Undersökningar av Wageningen University har visat på en ökning av biomassa runt artificiella rev, som fungerar som skydd, födo- och parringsplatser (Reef Systems, 2023).

De flesta artificiella rev har placerats ut i havsmiljöer på botten längs med kuster. Användningen i sötvatten är inte lika utbredd. Det finns exempel där artificiella rev framgångsrikt har använts i sjöar, men huruvida dessa strukturer lämpar sig för vattendrag kräver vidare studier (Kalita m.fl., 2022). Ett lyckat försök i ett vattendrag har dock genomförts i Youjiang-floden i Kina. Homogenisering av habitat hade där lett till att fiskbestånden kraftigt minskat, samma process som i Fyrisån. Efter att konstruktioner av bambu och palmer placerades ut i floden, som habitat och lekplats, skedde en ökning av både antal och diversiteten bland fiskarna (Guo m.fl., 2020).

Utformningen av reven styrs av platsens bottenprofil, hur vattnet rör sig, mikrofaunans tillstånd men även vilka föroreningar som finns och sprids från mänskliga aktiviteter (Kalita m.fl., 2022). De bör exempelvis inte placeras vid dagvattenutlopp eller där det finns risk för sedimentackumulering. Reven kan vara konstruerade av både naturliga och artificiella material men ska vara stora, tunga och rika på håligheter. Ju större ytarea av poröst material strukturen erbjuder, desto mer fisk och organismer kan den nyttjas av (Prince m.fl., 1977).

I sötvatten finns några lovande modeller av artificiella rev, bland annat i form av däckkonstruktioner, borststrukturer av grenar eller plast, metallstavar och konstgjorda stenbumlingar (Figur 22 t.v.). Just borststrukturer är mer vanligt att använda i sötvatten. Kombinerade strukturer kan tillverkas av keramikrör, grenar och betongblock (en lämplig porös och hålig betongblandning har visat sig vara 40 % cement, 25 % sten, 20 % sand och 15 % vatten). Antalet och storleken på revstrukturerna behöver anpassas till vattendragets storlek (Kalita m.fl., 2022). Det finns även prefabricerade modulsystem som kan användas (Figur 22 t.h.). Negativa konsekvenser av att placera gummi, plast eller andra ej naturliga material i vatten behöver även övervägas för att inte orsaka spridning av mikroplast eller andra föroreningar.



Figur 22. T.v. Olika typer av artificiella rev: A) Tillverkade av däck, B) I borstform, C) Metallstavar som trycks ned i sjöbotten med ett avstånd på cirka 10–15 cm blir snabbt bevuxna av alger och filtrerare (modell: EcoTangry), D: Konstgjorda stenbumlingar fulla med håligheter som skapar boplatser och fästytor för musslor och andra filtrerare (modell: Reef ball). Foto: Kalita m.fl. (2022). T.h. Artificiellt rev av modulsystem med grov yta som bland annat fungerar som substrat för olika larver (Reef Systems, 2023).

I Sverige finns få vetenskapliga undersökningar om användningen av artificiella rev i sötvatten. I sjön Trekanten i Stockholm stad har det föreslagits i ett underlag till åtgärdsprogram att risvasar placeras ut längs strandkanten för att öka substrat för fiskrom, samt att artificiella rev läggs ut i grunda områden för att gynna fiskeleken (AFRY, 2020). Exempelvis skulle gamla julgranar användas.

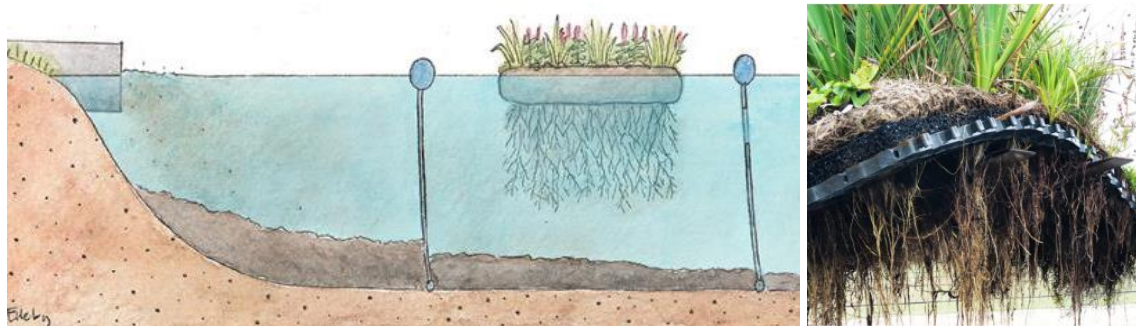
I en marin miljö i Göteborgs hamn har uppföljning visat att även små skyddade områden med anlagda rev kan spela stor roll för att återställa ekosystem (SLU, 2022). Efter muddringsarbete i hamnen i början av 2000-talet försvann flera naturliga stenrev. Som kompensationsåtgärd anlade man därför konstgjorda revstrukturer av sprängsten och bergkross som lades ut på botten (Sjöfartsverket, 2022). Dessa visade sig ge goda resultat för både hummer och bottenlevande fisk.



### 6.3 Flytande våtmarker

En flytande våtmark består av en förankrad flytande stomme med våtmarksvegetation ovan vattenytan och rotgardin under ytan (Figur 23). Det främsta syftet i utvecklingen av flytande våtmarker har varit vattenrening och de används därför främst i dammar, skärmbassänger, sjöar och vattendrag som tar emot dagvatten. Vattnet renas delvis genom att näringsämnen tas upp i vegetationen och genom att rotfilten gör att partikelbundna föroreningar lättare sedimenterar (Veg Tech, 2023b). Än viktigare är dock biofilmen som bildas på rötternas yta, som förutom näringsämnen även tar upp gifter, tungmetaller och klorider. En stor rotvolym leder därför till effektivare rening (Bärg, 2013; Greger och Schück, 2023). Våtmarken också gynnar djurlivet. Exempelvis utgör våtmarksväxter som fackelblomster, älgört och kabbeleka föda åt pollinatörer (Veg Tech, 2023b).

En flytande våtmark står också emot stora vattenståndsvariationer eftersom rötterna inte är förankrade i bottensedimentet. För att förhindra växterna från att slå rot rekommenderas att de förankras ovanför ett bottendjup på 0,6 till 1,5 meter. Helst ska de inte fästas med bottenförankring eftersom detta kan påverka bottenfaunan negativt. Istället kan de fästas på kanten av artificiella strukturer så som bryggor och spontar, förslagsvis i anslutning till dagvattenutlopp där behovet av rening är större.



Figur 23. T.v. Principskiss av en flytande våtmark. Här läggs den flytande våtmarken vid ett dagvattenutlopp i kombination med skärmar/länsar som stimulerar sedimentation av partiklar och föroreningar (VA-guiden, 2023). T.h. Ett tvärsnitt av en typ av flytande våtmark (Veg Tech, 2023b).

De flytande våtmarkerna kräver ingen omfattande skötsel eller underhåll, men det är oklart hur länge konstruktionen håller (Bärg, 2013). Det är viktigt att försöka undvika konstruktioner med för mycket plast då det finns risk att de orsakar läckage av mikroplaster till miljön (Greger och Schück, 2019).



## 7 Båtliv

### 7.1 Farled

Fyrisån är del av farled 921, en vattenväg för sjöfart. Det är en allmän farled som sträcker sig mellan Lövholmen och Uppsala och som Sjöfartsverket och Sigtuna kommun ansvarar för (Sjöfartsverket, 2013). Dessa vattenvägar behöver underhållas för att hållas säkra och för att behålla sin kapacitet, vilket innebär att åtgärder så som muddring kan behövas (Transportstyrelsen, 2023).

Gällande vilka regleringar som gäller för farleden, exempelvis högsta tillåtna fart för olika delsträckor, hänvisas till föreskrift 03FS 2005:53 (Länsstyrelsen Uppsala län, 2005).

### 7.2 Påverkan på hydromorfologi

Farleder kan muddras för att tillgodose framfart för båtar och fartyg. Detta får negativa miljöeffekter som beskrivs i avsnitt 2.2.6. Till följd av båttrafik anläggs ofta bryggor, vilket avhandlas i avsnitt 4. Förankring av båtar genom ankare kan ge direkta fysiska skador på botten och bottenlivet (Havsmiljöinstitutet, 2019).

En båt i rörelse skapar vågor, turbulens och strömmar som kan orsaka både uppgrumling, bottenerosion och direkta fysiska skador. Ju tyngre båt som färdas och ju högre dess hastighet är, desto större vattenrörelser skapas. Körbeteende, så som acceleration och svängar, påverkar mer än hastigheten i sig (Hansen, 2022). Motorbåten är den båttyp som orsakar mest negativa effekter, bland annat från dess propellrar som leder till uppgrumling och skador på bottenvegetationen (Havsmiljöinstitutet, 2019). Mängden trafik och vattendjupet påverkar också uppgrumlingen propellrar ger förhöjd grumling på vatten grundare än två meter (SLU, 2020).

Grunda, vågskyddade mjukbottnar är viktiga habitat för kärlväxter och uppväxtmiljö för många fiskar och kräftdjur och därför extra känsliga för de störningar som båtlivet skapar. Det är också på dessa bottnar som de största negativa effekterna uppmätts. Trots detta bedöms 60 % av alla bryggor och småbåtshamnar finnas i just grunda vågskyddade miljöer (Havsmiljöinstitutet, 2019).

### 7.3 Åtgärdsförslag

Det finns flera möjliga åtgärder för att minska båtlivets inverkan på Fyrisåns bottensediment, flora och fauna.

- Fartbegränsning är ett viktigt verktyg för att minska påverkan. Idag är fartbegränsningen 3,5 knop för farkoster över 10 meters längd och 3,5 eller 7 knop för mindre farkoster beroende på var på Fyrisån du färdas (Länsstyrelsen Uppsala län, 2005).
- Begränsningar av hastighet och/eller framkomst i farleden under aspens lekperiod, kring april-maj.
- Informationskampanjer riktade mot båtägare om båtlivets effekter på vattenmiljön. Utbildning i skonsammare körsätt för att minska uppgrumling och påverkan på botten.
- Införa ankringsförbud i känsliga områden för flora och fauna (Hansen, 2020)
- Förbjuda eller begränsa motorbåtar i känsliga områden (Havsmiljöinstitutet, 2019)

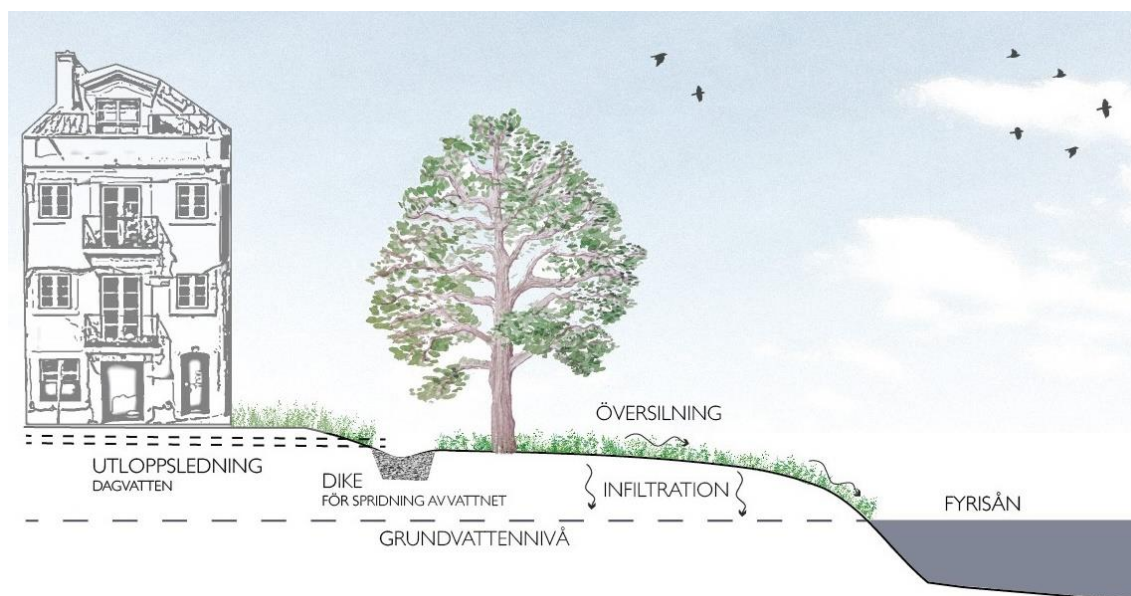
- Minska användandet, samt anpassa utformning och placering, av bryggor (avsnitt 4).
- Minska påverkan från användande av ankare. Det finns idag ankare på marknaden som har en dokumenterad mindre negativ påverkan på bottenmiljön. Genom att föra båten mot ankaret och därefter lyfta det rakt upp minskar också slitaget på botten. För båtar som är förankrade på svaj kan längden anpassas. Med kättingar bör dessa hållas så korta som möjligt (Havsmiljöinstitutet, 2019).
- Undvik muddring men om det behöver utföras ska det göras under den kalla årstiden och med hänsyn till fisk och kräftdjurs lekperioder (Havsmiljöinstitutet, 2019).
- Förvara båtar på land så mycket som möjligt när de inte används (Hansen, 2020)

## 8 Dagvattenutlopp

Det mesta av Uppsala stads dagvatten leds till Fyrisån. Det för det med sig föroreningar från markytan, vilket påverkar åns vattenkvalitet med ökade halter av fosfor, metaller och PAH:er (Näslund m.fl., 2021; Uppsala Vatten, 2022). Åtgärder för fördröjning och rening av dagvatten kan implementeras i alla steg av dagvattnets färd från att regndroppen faller på ett tak eller gata, genom diken och ledningsnät fram till utloppet i Fyrisån. Här ges exempel på tre typåtgärder, vid olika exploateringsgrad, som kan förbättra situationen vid dagvattenledningarnas utlopp. I dag mynnar många ledningar direkt ut i Fyrisån utan varken föregående rening eller fördröjning. Många mynnar i rät vinkel mot ån vilket orsakar både erosion och grumling.

### 8.1 Översilning på grönytor

Vid nybyggnation eller på platser längs Fyrisån där det finns lite mer utrymme kan dagvatten spridas och infiltreras i vegetationsbeklädda ytor. Grönområden ger goda förutsättningar att rena och flödesutjämna dagvatten. Dagvattenflödet bör ledas ut över grönområden, såsom gräsmattor eller naturmark, på bred front. Genom att anlägga ett tvärgående dike, eller spridarledning med håltagning, kan dagvattnet spridas, översilas, över en större grönyta för att sedan infiltrera ner eller rinna ut i Fyrisån (Figur 24).



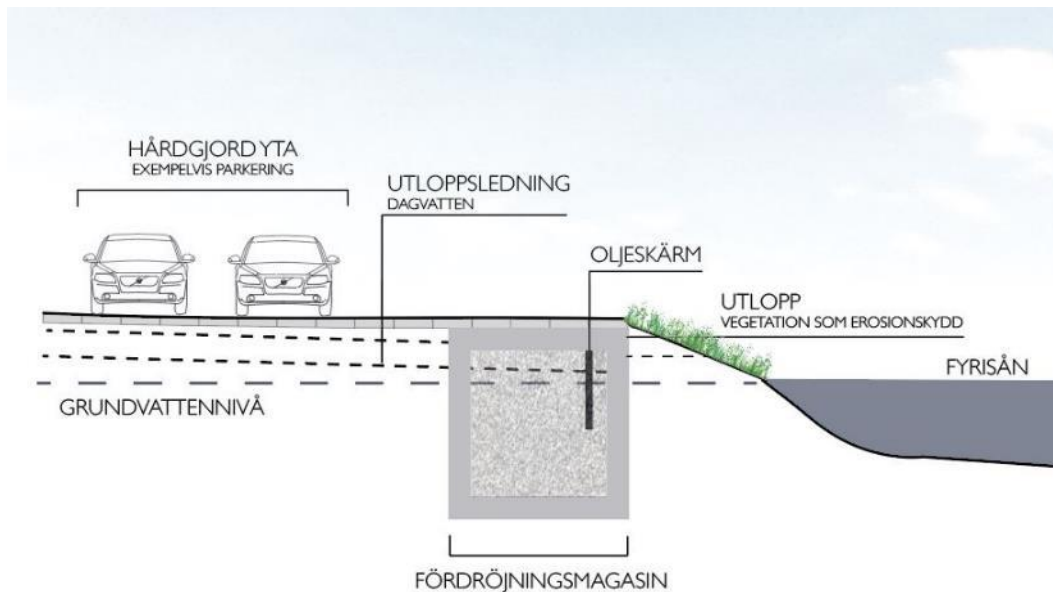
Figur 24. Princip för hur dagvatten kan spridas långsamt (översilas) innan det når Fyrisån. Illustration: Astrid Berglund, WRS.

Både växtligheten och marken hjälper till att fördröja och rena vattnet innan det når recipienten. Metoden är relativt okomplicerad och kostnadseffektiv. Den lämpar sig bäst för mindre avrinningsområden med mindre dagvattenledningar och inte för utloppen till de allra största tekniska avrinningsområdena i Uppsala. Dagvattenutloppet behöver också ligga på tillräcklig höjd i förhållande till ån för att möjliggöra översilning (Stockholm Vatten, 2017).

En långsam översilning innan dagvattnet når recipient förbättrar även ån hydromorfologi genom att minska erosion och uppgrumling (VA-guiden, 2023). För att främja den biologiska mångfalden kan ytorna förses med ängsvegetation. Grönområden kan även bidra med rekreation och hälsofrämjande värden i staden. Som alternativ kan ytan utformas som en skålad överdämningsyta om hantering av större dagvattenvolymer önskas (VA-guiden, 2022).

## 8.2 Kassun för fördröjning

För platser med begränsat utrymme i befintlig bebyggelse kan andra åtgärder tillgripas för åtminstone minska den negativa miljöpåverkan. En kassun (fördröjningsmagasin) under mark kan minska vattenhastigheten från ett dagvattenutlopp och därmed erosionen av strand- och bottenmiljöer i ån (Figur 25). Dessutom kan kassunen avskilja och sedimentera större partiklar som sand och grus, men också flytande skräp och oljerester om den förses med en oljeskärm. Vid utloppets slänt kan biologiska erosionskydd av till exempel kokosnät och växter etableras. I andra hand kan hårdare erosionskydd som stenskoning användas mellan vattnet och kassunen (WRS AB, 2022).

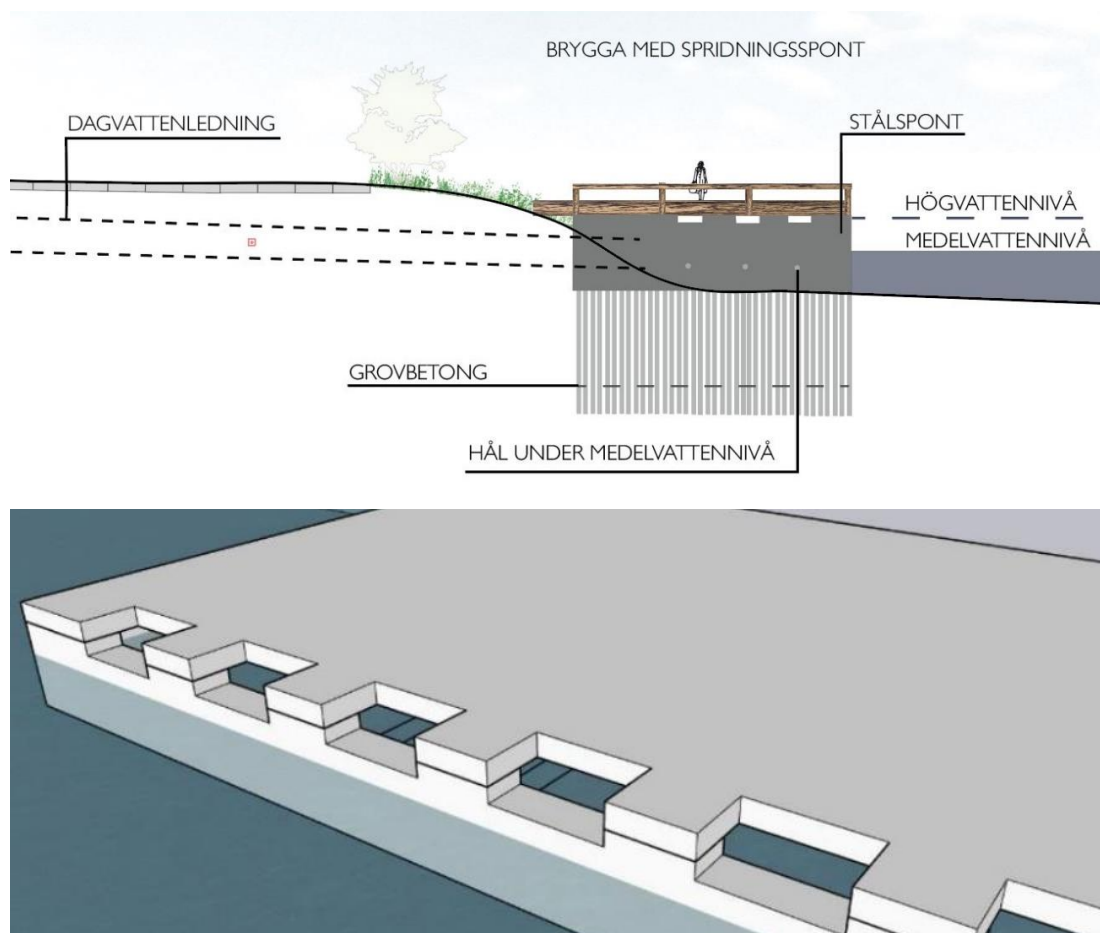


Figur 25. Principillustration hur dagvatten kan ledas till en kassun för att minska vattenhastigheterna. Illustration: Astrid Berglund, WRS.

Inkommande dagvattenledning leds lämpligen snett in i kassunen för att få en långsammare inströmning av vatten, vilket är viktigt för att begränsa vågbildning och resuspension av slam vid höga flöden. Vid en omfattande olje- eller bränsleläcka uppströms inom avrinningsområdet kan räddningstjänsten suga upp olja på ytan innanför skärmen i kassunen. Vid lägre dagvattenflöden kan ett mindre utskov i utloppet från kassunen leda ut dagvattnet till "en porlande bäck" för att synliggöra dagvattnet (WRS AB, 2022).

## 8.3 Brygga med spridningsspont

På andra platser i staden med hög exploateringsgrad och begränsat utrymme, där dagvattenledningen mynnar under vattenytan och där det redan finns bryggkonstruktioner, kan denna förses med spontöppningar (Figur 26). Bryggan anläggs på en konstruktion av stålsponter där bärande regler skapar öppningar för vattnet och bidrar till minskade vattenhastigheter vid flödestoppar. Vid låga flöden kan vatten strömma ut och in genom hål som är placerade under lägsta vattennivån i ån, vilket minskar risk för stillastående vatten innanför sponten vid torrperioder. För att förhindra frisättning av gammalt sediment vid höga flöden kan grovbetong gjutas i botten innanför sponten, med underliggande geotextil (WRS AB, 2022). Bryggan placeras så högt upp från vattnet som möjligt och med en konstruktion som tillåter ljusgenomsläpp för minst möjliga hydromorfologiska påverkan (se avsnitt 4).



Figur 26. Principiell utformning av brygga med spridningsspont. Ovan: Sektion. Nedan: 3-D illustration. © Urbio.

## 8.4 Flytande våtmarker och skärmbassänger

Flytande våtmarker anges i avsnitt 6.3 som en artificiell struktur som kan förbättra Fyrisåns hydromorfologi. Då de även har viss reningseffekt bör de övervägas att placeras i anslutning till dagvattenutlopp. Vattnets uppehållstid är en viktig parameter för våtmarkernas reningseffekt. Eftersom flödet i Fyrisån är stort kommer därför reningseffekten av flytande våtmarker troligen vara marginell om de anläggs direkt i huvudfåran. Viss ackumulation av sediment kring de flytande våtmarken kommer troligen ske men det finns också stor risk att dessa spolats bort med vårfloden eller andra höglöden. För att få så stor effekt som möjligt bör därför flytande våtmarker helst placeras vid mindre dagvattenutlopp och helst om sådana finns i någon lugnare bassäng, vik eller fördamm till Fyrisån.

Skärmbassänger kan också vara en åtgärd för att minska påverkan av föroreningar från dagvatten på Fyrisån. Ur ett hydromorfologiskt perspektiv är de dock inte positiva då de tar en del av recipienten i anspråk och utgör ytterligare en artificiell struktur i vattendraget som kan behöva förankras i botten. Möjligen skulle skärmbassänger kunna förse med artificiella biotopförbättrande ytstrukturer (avsnitt 6.1) för något mindre miljöpåverkan.



## 9 Allmänna försiktighetsåtgärder

### 9.1 Materialval

Val av material är väsentligt och naturmaterial ska eftersträvas i så stor utsträckning som möjligt. Men val av material behöver även göras med hänsyn till anläggningens hållfasthet och stabilitet. De negativa effekter som materialet kan ha för vattenmiljön behöver även beaktas så som risken för spridning av föroreningar och mikroplast.

### 9.2 Vid anläggande

Innan anläggande eller exploatering bör det i en tidig fas planeras för försiktighetsåtgärder för att minska den hydromorfologiska påverkan.

#### 9.2.1 Val av tidpunkt

Uppgrumling har störst inverkan under fiskars lekperiod. Under denna tid bör därför grumlande aktiviteter undvikas, särskilt för de arter som är känsliga (SLU, 2020). Känsliga tidsperioder för fisk- och kräftdjursarter kan tas fram i applikation Lektidsportalen (Havs- och Vattenmyndigheten, 2023). Som exempel har asp sin lekperiod mellan april och maj. Generellt för de arter som finns i Fyrisån börjar flera arter sin lekperiod i mars. De flesta slutar leka under sen vår eller tidig sommar men några arter leker in i augusti. I regel sker minst skada på växt- och djurliv om aktiviteter utförs under oktober till mars (Länsstyrelsen i Östergötland, 2023).

#### 9.2.2 Arbete och anläggande i vatten

All form av arbete som kan undvikas på botten i själva vattenmiljöerna bör också undvikas då det skapar erosion, grumling och stör de vattenlevande organismerna. Grunda mjukbottnar är vanliga i Fyrisån och särskilt känsliga. Grunda områden i både sjöar och rinnande vatten är en viktig plats för skydd, uppväxt och reproduktion för många vattenlevande arter. De flesta fiskar leker i just grunda strömmade miljöer, vissa arter på mjukbotten och andra på hårbotten. Exploatering eller störningar i dessa miljöer utgör därför en särskilt stor negativ påverkan.

Effekter av buller från pålning i vatten kan minskas genom att använda bubbelridåer (Havsmiljöinstitutet, 2019).

#### 9.2.3 Blottade markskikt

Det är även viktigt att försöka begränsa tiden med blottade markskikt eftersom regn på bar mark kan orsaka erosion och grumling i vattnet (Naturföretaget, 2020).

## Referenser

- AFRY, 2020. *Hydromorfologi Trekanten och Långsjön - underlag till åtgärdsprogram*. Nyköping, Nr. 773816.
- BEAL, J. och SCHMIT, B., 1999. The effects of dock height on light irradiance (PAR) and seagrass cover. *Seagrasses: Monitoring, Ecology, Physiology, and Management*, s. 49–63.
- BISHOP, M.J., VOZZO, M.L., MAYER-PINTO, M., och DAFFORN, K.A., 2022. Complexity–biodiversity relationships on marine urban structures: reintroducing habitat heterogeneity through eco-engineering. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Vol. 377, Nr. 1857, s. 20210393.
- BOVERKET, 2011. *Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga på allmänna platser och inom områden för andra anläggningar än byggnader*. Karlskrona: Boverkets författningssamling, Nr. BFS 2011:5.
- BRUNBERG, A.-K. och BLOMQVIST, P., 1998. *Vatten i Uppsala län 1997. Beskrivning, utvärdering, åtgärdsförslag*. Upplandsstiftelsen, Nr. 8/1998.
- BURDICK, D. och SHORT, F.T., 1999. The Effects of Boat Docks on Eelgrass Beds in Coastal Waters of Massachusetts. *Environmental Management*, Vol. 23, Nr. 2, s. 231–240.
- BYGGROS, 2012. Erosions- och kustsäkring. Enkla besparingar med nedbrytbara biomattor från BG Byggros.
- BÄRG, A., 2013. *Konstgjorda våtmarksöar - flytande reningsverk*. Alnarp: SLU.
- DEGERMAN, E., 2008. *Ekologisk restaurering av vattendrag*. Naturvårdsverket och Fiskeriverket.
- DEGERMAN, E. och NÄSLUND, I., 2021. *Fysisk restaurering av akvatiska miljöer - Vattendrag och sjöar med kantzoner och våtmarker*. Östersund: Havs- och vattenmyndigheten, Nr. 2021.03, 2473–19.
- ERIANDE, L., LAAS, K., BERGSTRÖM, P., GIPPERTH, L., och MOKSNES, P.-O., 2017. The effects of small-scale coastal development on the eelgrass (*Zostera marina* L.) distribution along the Swedish west coast – Ecological impact and legal challenges. *Ocean & Coastal Management*, Vol. 148, s. 182–194.
- ERIKSSON, J., DAHLIN, S., NILSSON, I., och SIMONSSON, M., 2011. *Marklära*. 1:6. Lund: Studentlitteratur AB.
- GLADSTONE, W. och COURTENAY, G., 2014. Impacts of docks on seagrass and effects of management practices to ameliorate these impacts. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 136, s. 53–60.
- GREGER, M. och SCHÜCK, M., 2019. *Rening av dagvatten i flytande våtmark - val av växter*. Nr. Nr. 2019-24.
- GREGER, M. och SCHÜCK, M., 2023. *Rening av dagvatten i flytande våtmark – reningseffektivitet i olika miljöer*. Bromma: SVU.
- GUO, D., ZHOU, L., och WANG, G., 2020. *Use of artificial structures to enhance fish diversity in the Youjiang River, a dammed river of the Pearl River in China*. Wiley Ecology and Evolution.
- GÖTEBORG STAD, MARELD LANDSKAPSARKITEKTER, och RAMBÖLL, 2021. *Parker i Backaplan (DP2) - Stadsdelsparken*. Göteborg: Förslagshandling.
- HANSEN, J., 2020. *Båtlivets miljöpåverkan*. Stockholm: Stora båtklubbsdagen Ost. Stockholms universitets Östersjöcentrum, PowerPoint.
- HANSEN, J., 2022. Hur påverkar motorbåtar Östersjöns grunda vikar? BalticWaters.
- HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2013. *Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten*. HVMFS 2013:19.
- HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2016. *Åtgärdsprogrammet för asp*. Göteborg: Sallmén, N., Nr. 2016:27.
- HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2016. *Naturanpassade erosionskydd* [internet]. Tillgängligt: <https://www.havochvatten.se/arbete-i-vatten-och->

- energiproduktion/vattenverksamhet/naturanpassade-erosionsskydd.html [Hämtad 2024-1-25].
- HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2017. *Sötvattenanknutna Natura 2000-vårdens känslighet för hydromorfologisk påverkan*. Göteborg: von Wachenfeldt, E. och Bjelke, U., Nr. 2017:15.
- HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2019. *Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten*. Göteborg, Nr. HVMFS 2019:25.
- HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2023. Lektidsportalen [internet]. *Åtgärder, skydd och rapportering*. Tillgängligt: <https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/atgarder-skydd-och-rapportering/lektidsportalen.html> [Hämtad 2023-4-17].
- HAVSMILJÖINSTITUTET, 2019. *Fritidsbåtars påverkan på grunda kustekosystem i Sverige*. Göteborgs universitet, Stockholms universitet, Umeå universitet, Linnéuniversitetet och Sveriges lantbruksuniversitet, Nr. 3.
- HELSINGBORGS HAMN, 2022. Innovationer och utveckling mot Nordens modernaste hamn [internet]. Tillgängligt: <https://www.port.helsingborg.se/2022/04/12/innovationer-och-utveckling-mot-nordens-modernaste-hamn/>.
- INNOVATION HELSINGBORG, 2023. Strukturer för havsmiljön som synliggör och underlättar för marint liv [internet]. Tillgängligt: <https://innovation.helsingborg.se/initiativ/strukturer-for-havsmiljon-som-synliggor-och-underlattar-for-marint-liv/>.
- JECHOW, A. och HÖLKER, F., 2019. How dark is a river? Artificial light at night in aquatic systems and the need for comprehensive night-time light measurements. *WIREs Water*, Vol. 2019, Nr. e1388.
- KALITA, T.L., MINGALEOVA, O.N., KHATUNTSOV, D.S., och ZHAVNEROV, A.N., 2022. Freshwater Artificial Reefs As A Way To Increase Of The Productivity. *Biotechnology, Ecology, Nature Management, vol 1. European Proceedings of Life Sciences European Publisher.*, s. (pp. 68-74).
- LANTMÄTERIET, 1934. Häradsekonomiska kartan.
- LUNDBORG, L., 2011. Fast eller flytande brygga? Konstruktionen med minst miljöpåverkan. Mastersuppsats. Göteborgs universitet, Göteborg.
- LUNDSTRÖM, K. och ANDERSSON, M., 2008. *Växter som skydd mot erosion och ytliga ras i branta jordslänter. Demonstrationsförsök i Bispgården och Bydalen*. Linköping: Statens geotekniska institut, (SGI), Varia Nr. 593.
- LÄNSSTYRELSEN I JÖNKÖPINGS LÄN, 2017a. Svämplan [internet]. *hymoinfo*. Tillgängligt: <https://www.hymoinfo.com/svaumlplan.html> [Hämtad 2023-5-10].
- LÄNSSTYRELSEN I JÖNKÖPINGS LÄN, 2017b. Restaurering av vattendrag [internet]. *hymoinfo*. Tillgängligt: <https://www.hymoinfo.com/> [Hämtad 2023-5-10].
- LÄNSSTYRELSEN I KRONOBERGS LÄN, 2008. Död ved i vattendrag.
- LÄNSSTYRELSEN I VÄSTMANLANDS LÄN, 2019. *Fyrisåns åtgärdsområde - underlag till åtgärdsprogram*. Västerås: Vattenmyndigheten Norra Östersjön.
- LÄNSSTYRELSEN I VÄSTRA GÖTALANDS LÄN, 2013. *Konsekvenser på naturvärden av skred-, erosions- och översvämningståtgärder. Ett steg mot en ökad naturvårdshänsyn i klimatanpassningsarbetet*. Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Rapport Nr. 49.
- LÄNSSTYRELSEN I ÖSTERGÖTLAND, 2023. Att anlägga en brygga [internet]. *Länsstyrelsen*. Tillgängligt: <https://www.lansstyrelsen.se/ostergotland/miljo-och-vatten/atgarder-och-verksamheter-i-vatten/att-anlagga-en-brygga.html> [Hämtad 2023-5-22].
- LÄNSSTYRELSEN UPPSALA LÄN, 2005. *Länsstyrelsen i Uppsala län föreskrifter om sjötrafik*. Uppsala: ISSN 0347-1659, Nr. 03FS 2005:53.
- LÄNSSTYRELSEN UPPSALA LÄN, 2017. *Bevarandeplan Sävjaån-Funbosjön*. Uppsala, Nr. 511-8141–16.
- LÄNSSTYRELSEN UPPSALA LÄN, 2023a. Anmälan om vattenverksamhet [internet]. *Enheten för mark- och vattenskydd*. Tillgängligt: <https://www.lansstyrelsen.se/upsala/miljo-och->

- vatten/atgarder-och-verksamheter-i-vatten/vattenverksamhet/anmalan-om-vattenverksamhet.html [Hämtad 2023-10-26].
- LÄNSSTYRELSEN UPPSALA LÄN, 2023b. Tillstånd för vattenverksamhet [internet]. *Enheten för mark- och vattenskydd*. Tillgängligt: <https://www.lansstyrelsen.se/uppsala/miljo-och-vatten/atgarder-och-verksamheter-i-vatten/vattenverksamhet/tillstand-for-vattenverksamhet.html> [Hämtad 2023-10-26].
- LÄNSSTYRELSEN UPPSALA LÄN, 2023c. Strandskydd och Landskapsbildsskydd mm i Uppsala län (webbkarta) [internet]. Tillgängligt: <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=26ab810421ac4b44a9137d1bd9e328a7> [Hämtad 2023-10-24].
- LÄNSSTYRELSENA, 2007. Utdrag från Biotopkarteringsdatabasen på Fyrisåns vattenbiotoper (Protokoll A). Inventering 2007-06.
- LÄNSSTYRELSENA, 2009. *Fria vandringsvägar i Mälar- och Hjälarmarmynnade vattendrag - En kartläggning av vandringshinder och lekrområden för fisk*. Uppsala: Författare: Svensson, L., Nr. 2009\_06.
- LÄNSSTYRELSENA, 2023. Utdrag från Biotopkarteringsdatabasen på Fyrisåns vattenbiotoper (Protokoll A).
- MASSACHUSETTS DIVISION OF MARINE FISHERIES och THE ECOSYSTEMS CENTER, 2014. *Shading Impacts of Small Docks and Piers on Salt Marsh Vegetation in Massachusetts Estuaries*.
- MCCARTHY, T., 2021. Automatiserad gatubelysning baserad på omgivningens ljusstyrka. Kandidatuppsats. KTH, Stockholm.
- MILJÖFÖRVALTNINGEN I HELSINGBORGS STAD, 2021. Vad är Havet är din Granne? [internet]. Tillgängligt: <https://www.youtube.com/watch?v=mbwpNFBWdi8> [Hämtad 2023-6-22].
- MSB, 2023a. Översvämningskartering (WMS).
- MSB, 2023b. Översvämningsportalen - Uppsala [internet]. *Hot- och riskkartor enligt förordningen om översvämningsrisker*. Tillgängligt: <https://gisapp.msb.se/Apps/oversvamningsportal/avancerade-kartor.html> [Hämtad 2023-8-23].
- NATURFÖRETAGET, 2020. *Samrådsunderlag. Ansökan om tillstånd för Vattenverksamhet. Gång- och cykelbroar över Fyrisån och Librobäcken i Börjetull, Uppsala kommun*. Uppsala, Nr. 1.
- NÄSLUND, J., ANDERSSON, J., ÖCKERMAN, H., ARNLUND, J., och JÖNSON, R., 2021. *DRIVA - Dagvattnets påverkan på ekologisk och kemisk status i rinnande vatten – pilotstudie Fyrisån*. Uppsala: WRS, Nr. 2021-1620-A.
- PERKIN, E.K., HÖLKNER, F., RICHARDSON, J.S., SADLER, J.P., WOLTER, C., och TOCKNER, K., 2011. The influence of artificial light on stream and riparian ecosystems: questions, challenges, and perspectives. *Ecosphere*, Vol. 2, Nr. 122.
- PRINCE, E.D., MAUGHAN, O.E., och BROUHA, P., 1977. *How to build a freshwater artificial feef*. Blacksburg, VA: Virginia Polytechnic Institute and State University.
- REEF DESIGN LAB, 2022. Reef Design Lab [internet]. Tillgängligt: <https://www.reefdesignlab.com/lightweight-fish-habitati> [Hämtad 2023-6-22].
- REEF SYSTEMS, 2023. Modular sealife system [internet]. *reefsystems.org*. Tillgängligt: <https://www.reefsystems.org/moses#SPECTER> [Hämtad 2023-6-21].
- RILEY, W.D., DAVISON, P.I., MAXWELL, D.L., och BENDALL, B., 2012. Street lighting delays and disrupts the dispersal of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. *Biological Conservation*, Nr. 158, s. 140–146.
- SANDIN, L., DONADI, S., HOLMGREN, K., VON WACHENFELDT, E., och JONES, D., 2020. *Sötvatten – förvaltning och restaurering med förändrat klimat*. Naturvårdsverket.
- SARGAC, J., 2022. *Forested buffers in agricultural landscapes*. Uppsala: SLU, Doctoral thesis.
- SGI, 2016a. *Ras, skred och andra jordrörelser*.
- SGI, 2016b. *Naturanpassade erosionskydd i vattendrag. En förstudie*. Linköping: Per Danielsson, Johan Kling, Bengt Rydell och Ramona Kiilgaard, Publikation Nr. 28.



- SGI, 2023. *Utredning av släntstabilitet*. Linköping: Statens geotekniska institut, (SGI), Nr. Utgåva 1, Vägledning 8.
- SGI och SGU, 2018. *Handledning till kartan. Förutsättningar för skred i finkornig jordart*. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning, Nr. SGU-rapport 2018:17.
- SGI, SGU, MSB, SMHI, LANTMÄTERIET, och SKOGSSTYRELSEN, 2020. SGIs Kartvisare - Vägledning ras, skred och erosion.
- SGU, 2016. Kvickleror [internet]. *SGU*. Tillgängligt: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/risker/skred-och-ras/skredkanslighet-i-olika-jordarter/kvickleror/> [Hämtad 2023-5-10].
- SGU, 2022. SGU:s Kartvisare - Förutsättningar för skred i finkornig jordart.
- SGU, 2023. SGUs Jordarter 1:25 000-1:100 000 [internet]. *Kartvisare*. Tillgängligt: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html>.
- SHAFER, D.J., 1999. The effects of dock shading on the seagrass *Halodule wrightii* in Perdido Bay, Alabama. *Estuaries*, Nr. 22, s. 936–943.
- SHAFER, D.J., 2002. *Recommendations to minimize potential impacts to seagrasses from single-family residential dock structures in the Pacific Northwest*. Vicksburg: Engineer Research and Development Center. Prepared for U.S. Army Corps of Engineers, Seattle District.
- SJÖFARTSVERKET, 2013. *Sjöfartsverkets tillkännagivande av register över allmänna farleder och allmänna hamnar*. SJÖFS 2013:4.
- SJÖFARTSVERKET, 2022. Konstgjorda rev ökar hummer- och fiskbestånd [internet]. Tillgängligt: <https://www.sjofartsverket.se/sv/om-oss/nyheter-och-press/nyheter/konstgjorda-rev-okar-hummer--och-fiskbestand/>.
- SLU, 2020. *Kunskapssammanställning om effekter på fisk och skaldjur av muddring och dumpning i akvatiska miljöer. En syntes av grumlingens dos och varaktighet*. Drottningholm Lysekil Öregrund: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Nr. Aqua reports 2020:1.
- SLU, 2022. Fredade områden med konstgjorda rev i Göteborgs skärgård positivt för hummer och ekosystem [internet]. Tillgängligt: <https://www.slu.se/ew-nyheter/2022/11/fredade-omraden-med-konstgjorda-rev-i-goteborgs-skargard-positivt-for-hummer-och-ekosystem/> [Hämtad 2023-8-22].
- SLU, 2023a. Artdatabanken - Artfakta [internet]. Tillgängligt: <https://artfakta.se/> [Hämtad 2022-4-5].
- SLU, 2023b. Svenskt elfiskeregister - SERS [internet]. *Institutionen för akvatiska resurser*. Tillgängligt: <https://www.slu.se/elfiskeregistret> [Hämtad 2023-9-27].
- SLU, 2023c. *Fyrisåns avrinningsområde 2022. Vattenkvalitet och biologisk status 2020-2022*. Uppsala: Institutionen för vatten och miljö, Nr. 2023:5.
- SORDELLO, R., BUSSON, S., CORNUAU, J.H., DEVERCHÈRE, P., FAURE, B., GUETTÉ, A., HÖLKER, F., KERBIRIOU, C., LENGAGNE, T., LE VIOL, I., LONGCORE, T., MOESCHLER, P., RANZONI, J., RAY, N., REYJOL, Y., ROULET, Y., SCHROER, S., SECONDI, J., VALET, N., VANPEENE, S., och VAUCLAIR, S., 2021. A plea for a worldwide development of dark infrastructure for biodiversity – Practical examples and ways to go forward. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 219, Nr. 104332.
- STOCKHOLM VATTEN, 2017. Infiltration i grönyta.
- STRUCK, S.D., BROOME, S.W., SANCLEMENTS, M.D., och CRAFT, C.B., 2004. Effects of Bridge Shading on Estuarine Marsh Benthic Invertebrate Community Structure and Function. *Environmental Management*, Vol. 34, Nr. 1, s. 99–111.
- THE DOCK COMPANY, 2023. Steel Frame Configuration [internet]. Tillgängligt: [http://thedockcompany.com/steel-frame-configuration\\_330.html](http://thedockcompany.com/steel-frame-configuration_330.html) [Hämtad 2023-10-25].
- THOMPSON, C.E.L., AMOS, C.L., och UMGIESSER, G., 2004. A comparison between fluid shear stress reduction by halophytic plants in Venice Lagoon, Italy and Rustico Bay, Canada -

- Analyses of in situ measurements. *Journal of Marine Systems*, Vol. 51, Nr. 1, s. 293–308.
- TRANSPORTSTYRELSEN, 2023. *Transportstyrelsens rekommendationer för farledshållning*. TSS 2023-1047.
- UPPLANDSSTIFTELSEN, 2021a. *Fiskundersökningar i Fyrisån 2020*. Uppsala: J. Persson och G. Johansson, Nr. 2021/2.
- UPPLANDSSTIFTELSEN, 2021b. *Fiskundersökningar i Fyrisån 2021*. Uppsala: J. Persson och G. Johansson, Nr. 2021/7.
- UPPLANDSSTIFTELSEN, 2022. *Fiskundersökningar i Fyrisån 2022*. Uppsala: J. Persson och G. Johansson, Nr. 2022/1.
- UPPSALA KOMMUN, 2021. Gotlandsparken [internet]. Tillgängligt: <https://www.uppsala.se/kultur-och-fritid/natur-parker-och-friluftsliv/parker-lekplatser-och-hundrastgardar/parker/gotlandsparken/> [Hämtad 2023-5-25].
- UPPSALA VATTEN, 2022. Dagvatten [internet]. Tillgängligt: <https://www.uppsalavatten.se/hushall/vatten-och-avlopp/dagvatten>.
- VA-GUIDEN, 2022. Överdämningsytor. *Anläggningswiki*.
- VA-GUIDEN, 2023. Skärmbassänger och flytande våtmarker [internet]. *vaguiden. En enklare VAdag*. Tillgängligt: <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/skarmbassanger-och-flytande-vatmarker/> [Hämtad 2023-5-24].
- VA-GUIDEN, 2023. Översilningsytor [internet]. *Anläggningswiki*. Tillgängligt: <https://vaguiden.se/dagvatten/anlaggningswiki/oversilningsyta/>.
- VATTENMYNDIGHETERNA, LÄNSSTYRELSENA, och HAVS- OCH VATTENMYNDIGHETEN, 2023. Fyrisån Jumkilsån - Sävjaån (senaste bedömning) [internet]. *VISS - Vatteninformationssystem Sverige*. Tillgängligt: <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA93715408> [Hämtad 2023-2-28].
- VEG TECH, 2023a. Erosionsskydd - kokosnät [internet]. *Veg Tech*. Tillgängligt: <https://www.vegtech.se/produktinformation/erosionsskydd-kokosnat/> [Hämtad 2023-5-12].
- VEG TECH, 2023b. Flytande våtmark [internet]. *Veg Tech*. Tillgängligt: <https://www.vegtech.se/produktinformation/flytande-vatmark/> [Hämtad 2023-5-24].
- VOWLES, A.S. och KEMP, P.S., 2021. Artificial light at night (ALAN) affects the downstream movement behaviour of the critically endangered European eel, *Anguilla anguilla*. *Environmental Pollution*, Vol. 274, Nr. 116585.
- VÄGVERKET, 1987a. *Erosionsskydd i vatten vid väg- och brobyggnad*. Borlänge: Serviceavdelningen Väg- och brokonstruktion, Handbok Nr. 1987:18.
- VÄGVERKET, 1987b. *Utförande av erosionsskydd i vatten vid brobyggnad*. Vägverket, Nr. 1987:91.
- WASHINGTON STATE TRANSPORTATION CENTER, 2010. *Assessing and mitigating dock shading impacts on the behavior of juvenile pacific salmon (Oncorhynchus spp.) : can artificial light mitigate the effects?* Washington: Washington (State). Dept. of Transportation. Office of Research and Library Services, WSDOT Research Report Nr. WA-RD 755.1.
- WRS AB, 2022. *Tekniskt PM åtgärdsförslag dagvatten*. Uppsala, PM Nr. 2022-1760-A. Granskningshandling 1.0.
- WWF, 2019. *Vattendrag och svämplan - helhetssyn på hydromorfologi och biologi*. WWF.