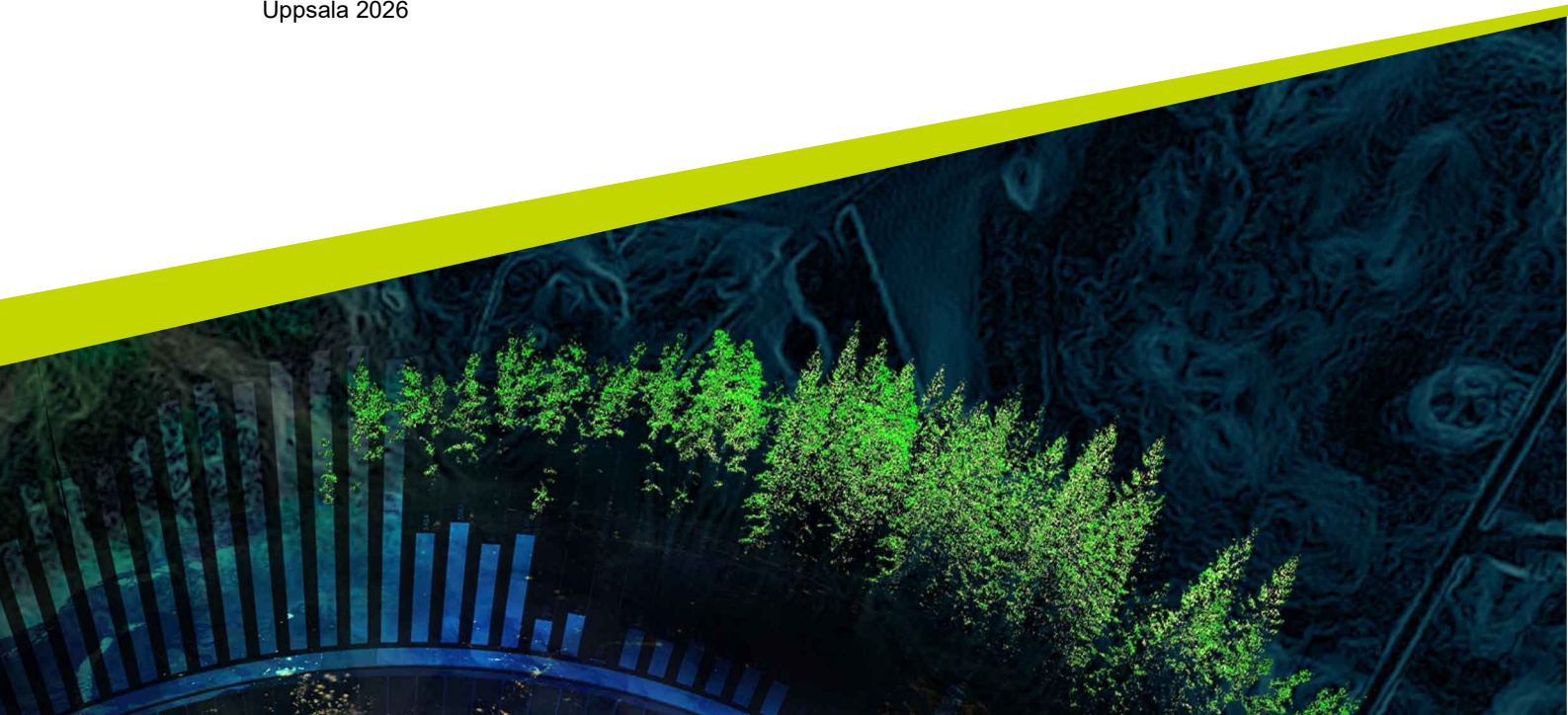




Metoder för att undersöka biologisk mångfald av fisk och effekt av strandbete i grunda vikar

Paulina Toresäter

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Akvatiska resurser
Uppsala 2026



Metoder för att undersöka biologisk mångfald av fisk och effekt av strandbete i grunda vikar

Paulina Toresäter

Handledare: Alfred Sandström, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för akvatiska resurser

Bitr. handledare: Elin Dahlgren, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för akvatiska resurser

Examinator: Örjan Östman, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för akvatiska resurser

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete biologi

Kurskod: EX0894

Program/utbildning: Kandidatprogram biologi

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2026

Nyckelord: Strandbete, akvatiska ekosystem, biologisk mångfald, fiskundersökning, eDNA, dykinventering, nätprovfiske, yngelinventering med tryckvåg

Sveriges lantbruksuniversitet

Akvatiska resurser

Abstract

Purpose: The Baltic Sea is one of our most threatened ecosystems, where habitat degradation is one of the main drivers of declining fish populations. Overgrowth of vegetation in coastal bays represents one example of habitat change, partly caused by eutrophication but also by the loss of grazing in areas that historically supported livestock. The STROBIO project aims to restore coastal grazing meadows in the Stockholm archipelago using cattle, with the goal of increasing biodiversity and re-establishing natural habitats in these bays. To assess how grazing influences fish diversity, systematic fish surveys are required. The aim of this study was therefore to evaluate methods for fish monitoring and biodiversity assessment. The methods examined were gillnet sampling, juvenile fish sampling using pressure waves, diving surveys, and eDNA analysis.

Method: A literature review was conducted to evaluate the performance, applicability, and limitations of each method.

Results: eDNA analysis is a time-efficient and cost-effective method that does not harm or disturb fish or the surrounding ecosystem during sampling. However, the method is sensitive to DNA degradation and potential contamination. Juvenile fish sampling with pressure waves and gillnet sampling are both well-established methods that provide additional biological information beyond species identity, such as length and weight. Nevertheless, both methods are invasive and result in fish mortality. Diving surveys require strong taxonomic expertise and are influenced by environmental conditions such as water visibility. Although the risk of disturbing fish is high, the method is non-invasive and can be combined with other ecological surveys, for example vegetation assessments.

Conclusion: For a project investigating how grazing affects fish diversity in shallow bays, eDNA analysis is the most suitable method given the research objectives. Its non-invasive nature, high analytical reliability, and suitability for repeated sampling make it an effective tool for monitoring long-term changes in fish communities in these habitats.

Keywords: Coastal grazing, aquatic ecosystems, fish, biodiversity, eDNA, juvenile fish sampling, gillnet sampling, diving survey

Sammanfattning

Syfte: Östersjön är ett av våra mest hotade ekosystem, där habitatförändring är en av källorna till en minskande fiskpopulation. Igenväxta vikar är ett exempel på förändrade habitat, som delvis beror på eutrofiering, men även på avsaknaden av bete i många vikar som tidigare betades. Projektet STROBIO syftar till att med hjälp av betande kor återskapa strandbetesängar i Stockholms skärgård för att öka den biologiska mångfalden och återskapa naturliga habitat i dessa vikar. För att utvärdera hur betet påverkar mångfalden av fisk behövs fiskundersökningar. Syftet med det här projektet är därför att utvärdera metoder för fiskundersökning och inventering av mångfald. Metoderna som undersöktes var nätprovfiske, yngelprovfiske med tryckvåg, dykinventering och eDNA-analys.

Metod: En litteraturöversikt användes för att utvärdera de olika metoderna.

Resultat: eDNA är en tids- och kostnadseffektiv metod, som dessutom inte skadar eller stör ekosystem och fiskarna vid provtagning. Nackdelen med metoden är risken för DNA-degradering och kontaminering av proverna. Metoderna yngelprovfiske med tryckvåg samt provfiske med nät är två väl beprövade metoder och som ger mer information än endast art, så som längd och vikt. Tyvärr är båda metoder invasiva och de fiskar som undersöks avlider. Metoden dykinventering kräver god artkunskap hos utövaren, och kan påverkas av yttre faktorer så som siktdjup. Risken att

skrämna fisk är stor, dock är metoden inte invasiv och kan kombineras med annan inventering, till exempel av växtlighet.

Slutsats: För ett projekt som undersöker hur bete påverkar mångfalden av fisk i grunda vikar, är eDNA den metod som är mest lämpad användas utifrån frågeställningen. Fördelarna med metoden, till exempel att den inte är invasiv och har en hög analyssäkerhet, gör att den lämpar sig att använda återkommande gånger för att på så sätt följa fiskpopulationens utveckling i dessa vikar.

Nyckelord: Strandbete, akvatiska ekosystem, fisk, biologisk mångfald, eDNA, yngelprovfiske, nätprovfiske, dykinventering

Innehållsförteckning

Figurförteckning	7
1. Introduktion	8
1.1 Strandbete.....	8
1.2 Fiskens betydelse för ekosystemet.....	11
1.3 Analysmetoder för artinventering	12
1.3.1 Nätprovfiske	13
1.3.2 Yngelprovfiske med tryckvåg.....	13
1.3.3 E-DNA.....	14
1.3.4 Dykinventering	15
2. Metod och material	16
3. Resultat och diskussion	17
3.1 Nätprovfiske	17
3.2 Yngelinventering med tryckvåg.....	18
3.3 eDNA.....	19
3.4 Dykinventering	20
3.5 Övriga tankar	21
3.6 Felkällor och förbättringar	22
3.7 Slutsats	23
Referenser	24
4. Bilagor	27
4.1 Bilaga 1 – referenser till resultat och diskussion.....	27

Figurförteckning

Figur 1: Obetad strandäng, Svartnö Stockholms skärgård (Paulina Toresäter, 2025).....	9
Figur 2 Bilden beskriver hur korna rör sig i strandzonen och påverkar vegetationen (Luther & Munsterhjelm, 1983)	10
Figur 3: Kor som betar i en strandäng (Elin Dahlgren, 2024)	11

1. Introduktion

Det är sedan länge känt att naturbete har en positiv inverkan på ekosystem och biologisk mångfald på land, eftersom det öppnar upp landskapet och bidrar till en större mångfald av växtlighet och djur (Pulungan *et al.*, 2019; Eriksson 2022). En annan form av naturbete som använts under århundraden i Sverige är strandbetesängar, vilket kan definieras som naturbetesmark i anslutning till vatten (Svensson & Moreau, 2012). Vi vet idag att det vi gör på land till mycket stor del påverkar livet i vattnet. Igenvuxna vikar på grund av minskat betetryck och övergödning har bland annat lett till habitatförändringar och förlust av viktiga miljöer för många av våra svenska fiskarter (Luther & Munsterhjelm 1983; Viitasalo & Bonsdorff 2022). Inte minst är Östersjön ett av våra mest påverkade ekosystem, som lider av överfiske, övergödning, habitatförändringar och förändrad populationsdynamik (Viitasalo & Bonsdorff, 2022).

Tyvärr finns idag allt för lite forskning över effekterna och betydelsen av strandbete för våra akvatiska ekosystem och dess organismer. Syftet med det här projektet är därför att undersöka vilka metoder som lämpar sig bäst för att kontrollera och följa hur den biologiska mångfalden av fisk förändras av strandbete. Studien syftar även till att belysa strandbete och fiskens betydelse för Östersjöns ekosystem, samt att undersöka de metoder som finns för att studera biologisk mångfald i akvatiska ekosystem.

Studien är även en del av en halvtidsuppföljning för ett större forskningsprojekt vid namn STROBIO – *Strandbete och biologisk mångfald under ytan*, finansierat av Postkodsstiftelsen och sträcker sig från 2024 till 2026. STROBIO syftar till att studera hur biologisk mångfald i akvatiska ekosystem påverkas av strandbete och till att ta fram riktlinjer för hur effekten ska kunna optimeras, samt hur stort betetryck som har bäst effekt (STROBIO, 2025). Genom att analysera biologisk mångfald i dessa vikar kan ny vetenskap fås över betets påverkan på det akvatiska ekosystemet.

1.1 Strandbete

Det finns omfattande dokumentation över strandbetens effekt och betydelse för biologisk mångfald över ytan (Kinnebrew *et al.*, 2018). En lucka i forskningen är betesdjurens påverkan på vattenlivet och de akvatiska ekosystemens biologiska mångfald. Idag är Östersjöns ekosystem och dess arter hårt drabbade av överfiske, eutrofiering och habitatförändringar (Viitasalo & Bonsdorff, 2022). Många av dessa orsaker kan direkt kopplas till jordbruket, och ett steg att förbättra

vattenkvaliteten är att jobba tillsammans med bönderna för att ta fram möjliga åtgärder med positiv inverkan på de akvatiska ekosystemen.

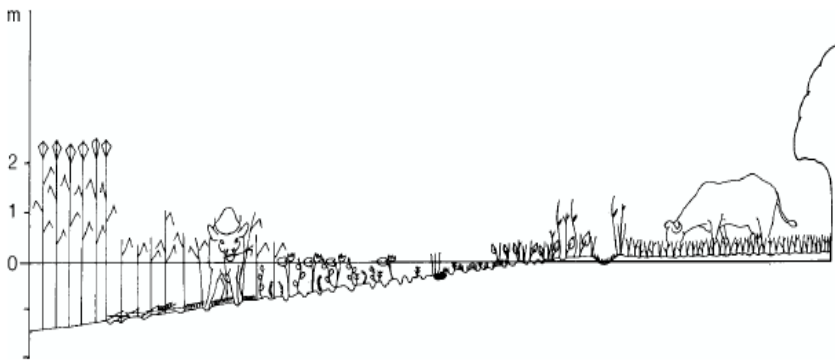
Att återskapa våra svenska naturlandskap, så som att återinföra många av våra förlorade och igenvuxna strandbetesängar, är en möjlig åtgärd för att förhoppningsvis återskapa miljöer som är viktiga för organismerna både under och över ytan (STROBIO, 2025). Innan jordbruket moderniserades under 1900-talet var strandbete vanligt förekommande och vikar som idag är igenvuxna kännetecknades av en lågvuxen vegetation, upptrampad strandkant från boskap och en hög diversitet av växter i strandzonen (Luther & Munsterhjelm, 1983). Idag är dessa obetade vikar ofta beklädda med vass som ofta konkurrerar ut annan växtlighet, se *figur 1*, och det är just variationen av växtlighet som är viktig för fisken (Niemi *et al.*, 2023). Att då återinföra betande djur i dessa vikar bör ha en positiv effekt på artsammansättningen och mångfalden av vegetation (Kinnebrew *et al.*, 2019), och förhoppningsvis även fisken.



Figur 1: Obetad strandäng, Svartnö Stockholms skärgård (Paulina Toresäter, 2025).

I det här projektet är det kor och bufflar som betar strandängarna i de vikar som ska undersökas. Som ett alternativ till bete har i vissa fall maskinell klippning av vass förekommit för att försöka efterlikna betets effekt (Tiškus *et al.*, 2023). Även vilda djur, så som klövvilt och gäss betar naturligt både betade och obetade vikar (Bakker *et al.*, 2018). När korna och bufflarna betar i strandzonen rör de sig inte bara vid vattnets kant, utan även ned en bit ut i vattnet, se *figur 2*. Detta kommer att påverka strandängens kantzon på flera olika sätt; korna kommer att äta växtlighet, ta med sig frön och även lämna avföring och urin efter sig, men även

lämna avtryck från rörelse, se *figur 3*. Denna typ av påverkan kommer att förändra strandzonens egenskaper som vattenkvalitet, utformning av viken, och typ av växtlighet (Morries & Reich, 2013).



Figur 2 Bilden beskriver hur korna rör sig i strandzonen och påverkar vegetationen (Luther & Munsterhjelm, 1983)

Användningen av betesdjur syftar till att komma åt den *intermediära störningsprincipen*, som innebär att en intermediär störning har en positiv effekt på den biologiska mångfalden, medan en för hög och för låg störning har negativ effekt på biologisk mångfald (Pulungan *et al.*, 2019). Vid för högt betestryck kan negativ effekt fås på fiskpopulationen i viken på grund av till exempel ökad erosion, övergödning, förlust av biodiversitet, slitage och en nedtrampad strandzon med förlust växtlighet (Davidson *et al.*, 2017). Vid för låg eller ingen störning fås också en förlust av biologisk mångfald, då på grund av att snabbt växande vegetation tar över, vilket leder till habitatförändringar och ytterligare förlust av biologisk mångfald (Neill *et al.*, 2015; Niemi *et al.*, 2023). Hypotesen och förhoppningarna är att korna vid lagom högt betestryck bör öppna upp viken, förbättra växtligheten i strandzonen och på så sätt utgöra en bättre miljö för till exempel lekande fisk och yngel.

En del i STROBIO är därför att ta reda på vilket betestryck som är optimalt för att få bästa möjliga effekt på den biologiska mångfalden. Vid optimal störning bör betandet främja mångfalden genom att hålla efter arter som är snabbt växande och annars tar över dessa områden (Neill *et al.*, 2015). För att utvärdera betestrycket och dess effekt, måste en eller flera analysmetoder användas för att undersöka hur betet påverkar mångfalden av fisk i dessa vikar. Syfte med det här projektet är därför att undersöka hur väl olika metoder är lämpade för att inventera fisk i grunda vikar, för att på så sätt kunna välja en metod mest lämpad för att utvärdera effekterna av strandbetet.



Figur 3: Kor som betar i en strandäng (Elin Dahlgren, 2024)

1.2 Fiskens betydelse för ekosystemet

Fiskar är en betydande organismgrupp i våra akvatiska ekosystem, där rovfiskar är toppredatorerna och till stor del nyckelarter i Östersjön (Olsson *et al.*, 2023). Många akvatiska ekosystem styrs av en top-down kontrollerad näringskedja, vilket innebär att populationen av rovfisk påverkar populationen av arter längre ned i näringskedjan (Tibblin *et al.*, 2023). En populationsförändring av rovfisk kan till exempel leda till en ökning av mindre fiskarter, vilket kan ha en negativ påverkan på ekosystemet på grund av överkonsumtion av betande organismer och ägg hos andra fiskar, som till exempel gäddan (Olin *et al.*, 2022). Överkonsumtion av betande organismer och yngel kan bidra till en ökad tillväxt av alger, samt att färre yngel av rovfisk kläcks, och ett rubbat ekosystem (Olsson *et al.*, 2023). Att värna om rovfiskar är därför viktigt för att bibehålla en god kvalitet på våra akvatiska ekosystem.

Ett exempel på rovfisk i Östersjön är gädda, vars population har varit på nedgång de senaste decennierna, vilket sannolikt beror på habitatförändringar, förändringar i näringskedjan, övergödning och överfiske (Bergström *et al.*, 2022). En av de åtgärder som har visat sig göra nytta för gäddpopulationen är restaurering av våtmarker. Våtmarker i kontakt med öppna vattenmassan fungerar som lekplatser för gäddan, vilket har visat sig öka abundansen av vuxen gädda i områden kopplad till våtmarken (Tibblin *et al.*, 2023).

Eftersom strandbetet bör bidra till återskapande av områden som tidigare fungerat som våtmark, bör gäddan vara en av de arter som gynnas av strandbete, både för lek och för yngel (Niemi *et al.*, 2023). Kornas som betar i strandängarna kan kontrollera vegetation som annars riskerar att ta över och resultera i en igenvuxen vik, och på så sätt ge en större diversitet och variation av växtlighet i dessa vikar (Luther & Munsterhjelm, 1983; Viitasalo & Bonsdorff, 2022). Kornas betande i vattnet kommer även öppna upp vattenmassan och bilda en så kallad blå bård, ett område med fri vattenspegel bakom vasskanten. Då vattnet i den blå bården är grunt och värms upp tidigt på våren utgör detta en perfekt miljö för gäddans lek och yngel (Degerman *et al.*, 2022).

Om strandbetet kan bidra till en starkare fiskpopulation och reproduktion för arter som vistas i dessa vikar, bör det ha en god effekt på ekosystemet, och även bidrar till en top-down kontrollerade näringskedjan (Viitasalo & Bonsdorff, 2022). Genom att återställa den naturliga näringskedjan, samt att motverka övergödning och återställa naturliga habitat, bör strandbete ha en god effekt på den biologiska mångfalden av fisk i dessa områden. Men, det är även viktigt att ta i beaktning att ett för högt betestryck istället kan ha en negativ effekt på vattenlevande vertebrater (Davidson *et al.* 2017). Därför är det viktigt att använda metoder för att inventera arter för att på så sätt följa hur mångfalden påverkas av betet i vikarna, och följa fiskpopulationernas utveckling.

1.3 Analyismetoder för artinventering

För att utvärdera hur våra fiskevatten mår, och för att utvärdera hur strandbetet påverkar den biologiska mångfalden av fisk i Stockholms skärgård, behövs fiskundersökningar, både på art och populationsnivå. SLU utför sedan många år tillbaka provtagning av fisk i syfte att följa Östersjöns fisksamhällen, och undersöka hur fiskpopulationerna förändras över tid. Det finns ett flertal metoder att välja på för att undersöka fiskpopulationer, som bland annat elfiske, ryssjor, yngelinventeringar och nätprovfiske (Bergström, 2021). För det här projektet behövs metoder som fungerar i vikar, där vattnet ofta är grunt och mycket växtlighet finns. De metoder som därför valdes ut för denna studie är

provfiske med nät och tryckvåg, dykinventering och eDNA-analys, vilka alla lämpar sig till att studera mångfalden av fisk i grunda vikar.

Fiskundersökningar är viktiga eftersom de kan ge en bra indikation på hur populationerna och artsammansättningar förändras i ett område (Bosch *et al.*, 2017), eller i detta fall hur de påverkas av en viss typ av habitatförändring som betet kommer att innebära för viken. Syftet med studien är därför att undersöka hur väl dessa metoder faktiskt lämpar sig för att undersöka mångfald av fisk, samt att diskutera för- och nackdelar med valda metoder.

1.3.1 Nätprovfiske

Nätprovfiske är en vanligt förekommande metod för fiskundersökning, som syftar till att inom ett visst område inventera individer, för att ge en uppskattning om områdets artsammansättning och den relativa förekomsten av arter i området (Karlsson, 2020). Nätet som används vid dessa provtagningar kallas för nordiskt översiktsnät och är 45 m långt och 1,8 m djupt. Nätet är indelat i olika sektioner, där varje sektion har en viss typ av maskstorlek, vilket gör att både större och mindre fisk kan fastna i nätet. Nätet läggs ned på eftermiddagen mellan 14 och 17, och ska sedan tas upp mellan 7 och 10. Nätet placeras i det område som ska undersökas med hjälp av båt. Fisken som under provtagningstiden fastnat i nätet artas, vägs och i vissa fall även mäts och åldersbestäms beroende på frågeställning (Karlsson, 2020).

1.3.2 Yngelprovfiske med tryckvåg

Av de vanligaste inventeringsmetoderna för provfiske på grunt vatten hör yngelinventering med tryckvåg, en metod som använts under många år i Östersjön för bland annat miljöövervakning, och är en av de metoder som ligger till grund för fiskdatabasen KUL (KUL, 2025). Genom att använda en liten sprängladdning som avsätts i vattnet kan yngel inom en viss radie samlas in. Tryckvågen dödar eller paralyserar fisken, så att den flyter upp till ytan eller botten och kan inventeras (Bergström *et al.*, 2021).

Med en grundgående båt tar sig provtagarna sig till platsen för sprängning, vilket är en specifikt utsedd plats och som navigeras till med hjälp av ekolod och GPS-koordinater. Precis innan båten når provtagningss punkten förbereds sprängladdningen och en av provtagarna ställer sig med laddningen längst fram i båten. Båten får sedan sakta glida in mot provpunkten, sprängladdningen fästs på ett spö (ca 5 m) och förs ned i vattnet. Detoneringen ska ske mitt i vattenmassan och framför båten, detta för att inte skrämma i väg fisken. För att märka ut exakta provtagningss punkt används en boj, och GPS-koordinaterna för punkten noteras.

Fisken som vid sprängningen dör eller blir förlamad flyter upp till ytan och hämtas in med en finmaskig håv. I vissa fall sjunker en del fisk till botten och måste då hämtas. Därefter artbestäms, mäts och vägs fisken.

1.3.3 E-DNA

eDNA är relativt ny och snabbt växande metod, med förmågan att analysera förekomst och distribution av olika arter i ett ekosystem. Metoden kan nyttja olika typer av material för analys, till exempel vatten, sediment eller jord. Från en provtagning kan information fås om vilka arter som finns i provtagningsområdet, och generera artsammansättning och abundans av de olika arterna (Rourke *et al.*, 2021). Alla organismer avger hela tiden DNA, bland annat i form av avföring, spermier, ägg, hudflagor och kroppsvätskor (Dejean *et al.*, 2011). Organismer som undersöks i ett specifikt område kan därför med hjälp av eDNA detekteras utan att iakttas, samtidigt som provtagningsmetoden inte heller innebär några risker för organismerna eller stör ekosystemet (Rourke *et al.*, 2021).

Provtagning av eDNA i ett akvatiskt ekosystem, en vik i detta fall, sker genom att vatten från bestämd provtagningspunkt filtreras genom ett filter, vilket samlar upp eDNA, för att sedan tas till ett laboratorium för vidare analys (Rourke *et al.*, 2021). För projektet STROBIO utfördes provtagningen genom att varje vik provtogs vid fyra olika punkter. Innehållet från dessa fyra punkter samlades i hink, och totalt blev det fyra hinkar per vik. Innehållet i hinken blandades, för att sedan sugas upp med en 50ml spruta. Sprutan är försedd med ett filter som samlar upp DNA från vattnet genom att vattnet pressas genom filtret. Den mängd vatten som filtrerades vid varje punkt var 500ml med hjälp av tio 50ml sprutor. Detta upprepades på alla de fyra områdena i viken, och vid alla vikar i projektet. För varje vik erhöles alltså fyra filter med DNA.

För att komplettera eDNA-provtagningen utförs biotopbeskrivningar för samtliga punkter. Det som kontrollerades var djup för provtagningspunkten, makrovegetation i procent, substrat och temperatur. Även möjliga störningar så som betestryck från andra djur än kor noterades, som till exempel gäss. För att minska risken för kontaminering användes munskydd, handskar och skyddskläder vid hantering av proverna. Institutionen för Vatten och Miljö stod för analysen av proverna, i samarbete med SciLifeLab i Uppsala. Analysen av provet utförs med specifika primers, kopplade till den art eller organismgrupp som ska detekteras, vilket möjliggör kvantitativa och arts specifika resultat (Karlsson *et al.*, 2022).

1.3.4 Dykinventering

Utöver eDNA provtagning användes dykinventering inom STROBIO för att skatta fiskebestånd och vegetationssamhällen i vikarna. Metoden innebär att dykaren registrerar de arter, både växter och fisk, han ser. Provtagningen utförs genom att provtagaren simmar under ytan med hjälp av en snorkel eller dykarset, i ett serpentinmönster genom viken. De arter som identifierades bockades av som ”sett” eller ”inte sett”. Genom att simma i ett serpentinmönster fås en stor del av vikens yta med vilket ger ett mer tillförlitligt resultat än att endast undersöka vissa områden (Thanopoulou *et al.*, 2018).

2. Metod och material

Studien baseras på en litteraturöversikt, med fokus på artiklar inom området artinventering av fisk, och metoderna yngelprovfiske med tryckvåg, nätprovfiske, eDNA-analys och dykinventering. För att hitta artiklar användes sökverket Google Scholar, och abstraktet lästes hos de artiklar vars titlar lät lovande. Nyckelord för övergripande sökningar var ”*methods & measuring & biodiversity & fish*”. Artiklar valdes ut efter relevans och i synnerhet artiklar som använde en utvärderande vinkling över användandet av specifik metod. För att få ut fler metodspecifika artiklar användes nyckelord ”*gill nets, eDNA, diver based surveys, low impact pressure waves*” i ytterligare separata sökningar. För att hitta fler artiklar inom samma ämne användes även referenslistorna i redan utvalda artiklar. Artiklar som användes specifikt för resultat och diskussion finns sammanställda i *bilaga 1*.

För efterforskning om eDNA användes en avgränsning för att endast få artiklar från 2021 och framåt, eftersom eDNA är en relativt ny metod som ständigt utvecklas och därför ville erhålla den senaste forskningen. För övriga metoder användes ingen avgränsning gällande årtal eftersom detta hade minskat antalet sökträffar markant. Utöver detta användes inga avgränsningar i sökverket. Tyvärr föll många intressanta artiklar bort då det inte gick att erhålla fullständig artikel.

De metoder som användes i projektet valdes ut dels för att metoderna eDNA och dykinventering användes i projektet STROBIO som jag gjorde mitt projekt hos; dels för att metoderna nätprovfiske och yngelinventering med tryckvåg var tänkt att användas i en tidigare version av mitt projekt; och dels för att alla metoder går att använda i grunda vikar. På grund av tidspress valde jag att inte titta på fler metoder.

3. Resultat och diskussion

Östersjön är ett av våra mest förstörda och hotade ekosystem, och är i stort behov av hjälp och restaurering för att bibehålla ett levande hav och undvika kollaps (Froese *et al.*, 2025). En av de organismgrupper som drabbas hårt är fiskarna, nyckelarter i ekosystemet och även mycket viktiga för oss människor, som födokälla, ekonomiskt och kulturellt (Meinam *et al.*, 2023). Till grund för de minskade bestånden ligger eutrofiering, överfiske och habitatförändringar (Viitasalo & Bonsdorff, 2022). Men, det räcker inte med åtgärder i havet, utan åtgärder behövs även på land och i kustnära områden.

Stockholms skärgård är ett exempel på ett område i Östersjön, som tack vare alla öar, har en stor andel land i kontakt med havet. Vikarna i dessa områden är till stor del överväxta på grund av eutrofiering, men även på grund av förändrade betesmönster. Förr i tiden brukades strandängar, både som betesmark och för foder (Luther & Munsterhjelm, 1983). En möjlig åtgärd för att komma åt de lokala problemen med igenvuxna vikar, är att återigen införa strandbete, för att återskapa naturliga miljöer för arter som vistas i dessa vikar, som bland annat fisk. Att återskapa naturliga miljöer i kustnära områden kan förhoppningsvis vara en pusselbit i att förbättra livsmiljön för fisk i Östersjön.

Hypotesen är att strandbetet ska öppna upp igenvuxna vikar och strandängar, öka mångfalden av både flora och fauna, och i sin tur gynna och rekrytera mer fisk till dessa områden. För att undersöka hur väl strandbetet gynnar fisken i dessa vikar, behövs artinventeringar. Syftet med den här studien är därför att ta fram en, eller flera metoder, som lämpar sig att undersöka förekomsten av fisk i grunda vikar. De metoder som valts ut för studien är nätprovfiske, yngelinventering med tryckvåg, eDNA och dykinventering.

3.1 Nätprovfiske

Provfiske med nät är en vanlig inventeringsmetod som ofta används i miljöövervakningssyften, och som ger information om artsammansättning, vikt, längd och vid behov även ålder (Karlsson, 2020). Positivt med metoden är att den är standardiserad och att den använts under lång tid, därför finns det mycket data att jämföra med. Metoden ger också mer information än endast art, så som längd, vikt och ålder, vilket kan ge viktig information vid till exempel miljöövervakning eller vid frågeställningar som rör en specifik art (Blabolil *et al.*, 2017)

Men, vid just artinventering kan en nackdel med nät vara att alla arter inte fångas upp av nätet, till exempel på grund av nätets placering eller vikens djup, fiskarnas beteende och storlek. Detta kan då leda till att vissa arter och individer uteblir, vilket i sin tur ger en underskattning av områdets arter (Miya, 2022; Fujii *et al.*, 2019). Ytterligare nackdel med metoden är att den är både tidskrävande och invasiv, där de fiskar som fångas i nätet också avlider (Boivin-Delisle *et al.*, 2021).

3.2 Yngelinventering med tryckvåg

Yngelinventering med tryckvåg är precis som nätprovfiske en standardiserad metod som använts under lång tid i Sverige, ofta i miljöövervakningssyfte och där stor mängd data finns lagrad i databasen KUL. Denna typ av inventeringsmetod är den enda av de fyra undersökta metoder som specifikt riktar sig mot yngel, eftersom endast unga och små individer fångas in av metoden (Snickars *et al.*, 2007). I jämförelse med att använda provfiskenät med små maskor riktade mot yngel och små fiskar, så ger provfiske med tryckvåg en bättre fångstsammansättning (Bergström, 2021). Yngelinventering är en viktig metod för att kunna få ett hum om andel av yngel som överlever till vuxna individer, över reproduktionsframgång, för att hitta viktiga reproduktionshabitat och hur populationen mår (Sandström *et al.*, 2014; Bergström *et al.*, 2022). Något som dock försvårar användandet av metoden är att det krävs speciella tillstånd för att utföra sprängningen samt att den som utövar metoden måste ha ett giltigt sprängkort (Bergström, 2021).

Yngelprovfiske med tryckvåg är en kvantitativ metod och lämpar sig därför väl vid undersökningar av mångfald (Bergström, 2021). För att få ett så rättvisande resultat som möjligt är det viktigt att även hämta upp fisken som sjunker till botten, annars riskerar en stor andel av det analyserade beståndet att missas (Snickars *et al.*, 2007). Dåligt siktdjup eller mycket vegetation kan dock försvåra inhämtningen av yngel på botten, eftersom det blir svårare att hitta fisken (Austin, 2022). Ett annat problem som kan uppstå med den data som inhämtas är att den ibland kan vara missvisande och svår att tolka, då många fiskyngel och små fiskar färdas i stim. Detta gör att vissa sprängningar resulterar i hundratals av vissa arter, och noll av andra (Snickars *et al.*, 2007). Djupare områden, samt områden med tät vegetation kan också påverka resultatet, genom att påverkansradien av tryckvågen blir mindre (Snickars *et al.*, 2007; Bergström, 2021).

Positivt med metoden är att den fungerar bra i grunda miljöer, och i miljöer med olika typer av vegetation samt bottensubstrat, till skillnad från bland annat provfiskenät (Bergström, 2021). Detta är egenskaper som gör att metoden

fungerar väl för provtagning i grunda vikar. Ett undantag som gäller metoden är dock att den inte går att använda på fiskar utan simblåsa, så som till exempel plattfiskar (Snickars *et al.*, 2007; Bergström, 2021).

Som nämnts i inledningen är gäddan en av de arter i Östersjön där en minskning skett i antal yngel som överlever till vuxna individer (Niemi *et al.*, 2023), och en av förhoppningarna med strandbetesprojektet är att främja miljöer som gynnar yngel. Att använda sig av metoder som analyserar just yngel kan vara ett bra komplement för att se hur stor andel av de fiskar som vistas i de betade vikarna är yngel. Det som tyvärr talar emot användandet av metoden är att den är invasiv, och att de yngel som samlas in under provtagningen avlider (Snickars *et al.*, 2007).

3.3 eDNA

Som analysmetod är eDNA en tids- och kostnadseffektiv metod, och har potentialen att ge resultat som tillförlitligt speglar populationsstorlek i ett område (Rourke *et al.*, 2021). Detta kan vara mycket användbart för att ta fram kvot för hur mycket fisk som får fiskas i ett visst område och på så sätt motverka överfiske, eller för att få tydliga indikationer på hur ett bestånd ser ut, eller som i det här projektet ge tidiga indikationer på effekten av ett restaureringsprojekt. Metoden är dessutom icke-invasiv och skadar inte de organismer som undersöks eller stör miljön organismerna vistas i, till skillnad från andra former av provfiske (Miya, 2022). Fördelen med detta är att fler provtagningar kan utföras och att det lättare går att följa en populationsutveckling, utan risk för skada på ekosystemet. I jämförelse med klassiska metoder för artinventering, så som nätprovfiske och dykinventering, detekterar eDNA fler antal arter vid en provtagning (Sakata *et al.*, 2021; Golpour *et al.*, 2022). Detta är egenskaper som lämpar sig bra för att undersöka strandbeteseffekt på mångfalden av fisk i dessa vikar.

Metoden är inte lika beroende av abiotiska eller biotiska faktorer som kan påverka fisken vid en specifik tidpunkt då DNA finns kvar ett tag efter att det frisätts (Miya, 2022). Väder kan till exempel spela roll i hur fisken rör sig och tid på året ger olika rörelsemönster hos fisken, vilket kan påverka resultatet hos metod som nätfiske (Thomsen & Willerslev 2015), eller som vid dykinventering där siktdjup kan påverka resultatet (Říha *et al.*, 2011; Thomsen & Willerslev 2015). Det som eDNA dock inte ger är information om är längd, vikt och ålder hos fisken som analyseras, vilket däremot fås från båda provfiskemetoderna. Beroende på frågeställning, kan det därför vara relevant att kombinera eDNA med en annan metod.

Metoden är dock inte helt vattentät, risker för kontaminering och degradering av DNA innan analys är sådant som måste tas i beaktning (Wang *et al.*, 2021). Kontaminering av prover och falskt positiva resultat är troligtvis det största hindret för metoden att etableras. Risken att kontaminera ett prov finns från provtagningstillfället och genom alla steg därefter tills ett resultat har erhållits (Thomsen & Willerslev, 2015). Falskt positiva resultat och kontaminering kan innebära att resultaten påvisar arter som inte finns i det ekosystem som undersökts. Degradering av DNA börjar direkt efter det att DNAt avsöndrats från fisken, och tiden det finns kvar i miljön beroende på typ av material och abiotiska förhållanden (Dejean *et al.*, 2011; Gustavsson, 2022). Korrekt hantering efter provtagning är därför viktigt för att DNAt ska hållas intakt tills ankomst till laboratoriet (Dejean *et al.* 2011). Även om själva provtagningsmomentet för eDNA är effektivt, så ligger stor vikt vid korrekt hantering för att få pålitliga resultat (Thomsen & Willerslev, 2015).

Ett problem som ofta uppstår vid DNA-analyser, är tolkning av resultat (Wang *et al.*, 2021). Från en DNA-analys fås väldigt mycket information, och vilket kräver att det finns tillförlitliga referensdatabaser och kunnig personal att analysera den data som erhålls (Thomsen & Willerslev, 2015). Detta gör, till skillnad från övriga metoder, att det behövs ytterligare kompetens, samt laboratorier med möjlighet att göra denna typ av analys, för att eDNA-provtagningar ska vara möjliga att genomföra.

3.4 Dykinventering

Dykinventering är precis som eDNA en icke-invasiv metod som inte skadar eller har en nämnvärd störning på ekosystemet och dess organismer. I projektet STROBIO användes dykinventering som ett komplement till eDNA-provtagningen och provtagaren simmade utefter en serpentinformad transekt som täckte hela viken. Denna typ av dykinventering är att föredra i områden med färre arter av fisk (Thanopoulou *et al.*, 2018). Studier har även visat att resultatet, speciellt gällande inventering av juvenila fiskar, är likvärdiga de resultat som ges med nätprovfiske (Holubová *et al.*, 2025).

Det finns dock en del begränsningar med metoden. Inventeringsmetoden ger endast en ögonblicksbild, och risken att skrämna i väg fisk är stor. Dålig sikt kan påverka hur långt provtagaren ser, hur väl provtagaren kan avgöra art, samt hur väl provtagaren kan upptäcka bottenlevande arter (Říha *et al.*, 2011). Det är dessutom en tids- och arbetskrävande metod, där det också är viktigt att väga in den mänskliga faktorn, eftersom provtagarens erfarenhet och artkunnighet kommer att avgöra resultatet (Thanopoulou *et al.*, 2018).

I STROBIO användes dykinventeringen som ett komplement till eDNA-provtagningen, och även för att inventera växtligheten i vikarna. Att kunna kombinera två typer av inventeringar, för både växtlighet och levande organismer, vid samma undersökningstillfälle är en fördel med metoden. För ett projekt där bete ska bidra till förändringar i vegetation, bör även vegetationsinventeringar utgöra en viktig del i arbetet och för att utvärdera hur betet påverkar vikens ekosystem. Att då kombinera inventeringar av både växter och djur samtidigt, är både tidseffektivt och relevant till den här typen av studie.

3.5 Övriga tankar

Förutom strandbetet finns en rad andra abiotiska och biotiska faktorer som kommer att påverka den biologiska mångfalden i dessa områden. För att få ett tydligare samband mellan strandbete och biologisk mångfald bör den här typen av studie sträcka sig över en längre tid, inte bara en säsong eller ett provtagningstillfälle. Dessutom sker en del förändringar i våra akvatiska ekosystem långsamt (Barnes, 2001), och troligtvis kommer det ta tid innan strandbetets fulla effekt kan utvärderas i dessa vikar. Därför är det viktigt att använda metoder som möjliggör ett flertal provtagningar och som inte stör ekosystemet mer än nödvändigt. Den metod som utmärker sig med ändamålet att inventera arter är därför eDNA-metoden. Den är inte invasiv, är både kostnads- och tidseffektiv samt kräver inte taxonomisk kunnskap hos provtagaren, till skillnad från provfiskemetoder och dykinventering (Thomsen & Willerslev, 2015).

Metoderna har möjlighet att komplettera varandra, och det går inte helt att komma ifrån användningen av provfiske för att besvara vissa frågeställningar, som till exempel storleken på vuxna individer eller antal yngel. Att till exempel kombinera yngelprovfiske, eDNA och dykinventering för att undersöka hur fiskpopulationen påverkas av bete i vikarna, anser jag hade varit en intressant kombination eftersom betet förhoppningsvis ska bidra till en miljö som gynnar fiskarnas lek och yngel. Dykinventeringen kan i sin tur bidra till inventering av vegetation i vikarna, vilket också är relevant för att få en helhetsbild över betets påverkan.

Ytterligare information som är relevant och intressant att undersöka i ett projekt som detta är betesgraden, alltså hur mycket korna faktiskt betar i själva strandängen och ute i vattnet. För att analysera detta kan till exempel rörelsekameror vara ett alternativ och bra komplement till övriga analyser (Nichols *et al.*, 2017). Genom att koppla metoder för fiskundersökning och för betestryck, bör det vara möjligt att ta fram en riktlinje för vilket betestryck är

optimalt för fisken, och hela vikens ekosystem. STROBIO har valt att använda denna metod, både för att undersöka hur korna rör sig, och för att se hur mycket vilda djur nyttjar obetade strandängar.

Nackdelen med alla metoder är att de endast ger en överblicksbild över artsammansättning vid själva provtagningstillfället och att det finns risk att vissa arter inte kommer med. Fuiji *et al.* (2019) jämförde ett flertal inventeringsmetoder, bland annat nätfiske, mot eDNA för att avgöra hur väl eDNA fick med alla arter. De kom fram till att eDNA vid de flesta mätpunkter detekterade ett likvärdigt eller högre artantal än de övriga metoderna, men att eDNA-metoden i vissa fall missade arter som däremot fastnade i provfiskenätet. Studien belyser att ingen metod till hundra procent kan detektera alla arter i ett ekosystem, och att det i många fall är fördelaktigt att kombinera metoder. Fördelen med eDNA är dock att möjligheten att göra flera provtagningar vid olika tidpunkter är mer försvarbart eftersom det inte stör ekosystemet eller fiskarna.

Att i större utsträckning börja använda eDNA för analyser av akvatiska ekosystem bör prioriteras och i framtiden förhoppningsvis bli standardmetoden för att inventera arter i ett specifikt område. Med det sagt behövs fler laboratorier som tar emot eDNA och som har kompetensen att analysera materialet. Ett problem med eDNA idag är just att det finns väldigt få laboratorier som har möjlighet att analysera proverna, vilket gör att svarstiden på resultat från provtagningarna i vissa fall kan bli mycket lång.

3.6 Felkällor och förbättringar

Projektet ändrades under projektets gång, på grund av att data som skulle användas inte kunde levereras från det laboratorium som analyserade proverna. För att inte behöva starta ett helt nytt projekt användes därför de metoder som var tänkta att användas i den ursprungliga idén samt mycket av den litteratur som redan erhållits. Detta innebär dels att jag inte till punkt och pricka kan beskriva hur många av de artiklar som användes i denna litteraturstudie erhöles mer än det som är beskrivet i metoddelen. De artiklar som dock användes för resultat och diskussion finns att se som *bilaga 1*. Dels innebär det också att jag inte tittade på några andra möjliga metoder att undersöka för mitt projekt, till exempel användandet av undervattenskameror för att undersöka vilka fiskar som rörde sig i dessa vikar. Detta gör att jag kan ha gått miste om viktig information till mitt projekt, och att resultatet av mitt projekt hade kunnat se annorlunda ut.

3.7 Slutsats

Syftet med studien var att granska olika metoder för att undersöka mångfalden av fisk i grunda vikar i anslutning till strandbetesängar, för att ta fram en eller flera metoder som på bästa sätt kan utvärdera och följa strandbetets effekt på fisken i dessa vikar. De metoder som utvärderades var nätprovfiske, yngelinventering med tryckvåg, dykinventering och eDNA. Den metod mest lämpad för syftet var eDNA, dels för att metoden inte påverkar fiskarna eller ekosystemet, dels för att den kan ge arts specifika och kvantitativa data som behövs för att utvärdera och följa effekten av strandbetesängarna.

Med det sagt bör inte eDNA helt ta över användandet av andra metoder, och alla metoder har sina för- och nackdelar. eDNA har till exempel inte förmågan att ge information om storlek på fisken eller dess ålder, där i stället användandet av provfiske är ett måste. Val av metod bör alltid rikta sig till att besvara frågeställningen på bästa sätt, men att samtidigt ha så liten påverkan på ekosystemet och dess organismer som möjligt. Detta innebär att det i vissa fall kan vara nödvändigt att kombinera olika metoder, och att använda metoder som är invasiva. Men för att svara på frågeställningen ”Hur påverkar bete av strandängar mångfalden av fisk”, så behövs egentligen bara data som svarar på vilka arter som finns eller inte finns i området, vilket eDNA gör mycket väl. Även dykinventering ger liknande data, och är dessutom inte invasiv. Nackdelen med denna metod är att den inte är lika känslig som eDNA. Samtidigt kan metoden ge information utöver fiskebeståndet i viken, så som vegetation. I framtiden kan det dock vara intressant att undersöka hur betet påverkar yngel i dessa vikar, och då kan till exempel en kombination av eDNA och yngelinventering med tryckvåg lämpa sig väl.

Referenser

- Austin, Å. (2022). Yngelfiske med undervattensdetonationer i 22 vikar längs Gävleborgs läns kust. *2022*, 2022:13
- Bakker, Elisabeth & Veen, Ciska & Heerdt, Gerard & Huig, Naomi & Sarneel, J.. (2018). High Grazing Pressure of Geese Threatens Conservation and Restoration of Reed Belts. *Frontiers in Plant Science*. 9. 10.3389/fpls.2018.01649.
- Bergström, U., (2021). 'Fisk i kustvatten - Yngelprovfiske med tryckvåg. Övervakningsmanual.' *Havs- och Vattenmyndigheten*.
- Bergström, U., Larsson, S., Erlandsson, M., Ovegård, M., Ragnarsson Stabo, H., Östman, Ö. & Sundblad, G. (2022). Long-term decline in northern pike (*Esox lucius* L.) populations in the Baltic Sea revealed by recreational angling data. *Fisheries Research*, 251, 106307. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106307>
- Bernes, C., (2001). Låker tiden alla sår? *Naturvårdsverkets förlag*. ISBN: 9162012134
- Blabolil, P., Boukal, D.S., Ricard, D., Kubečka, J., Říha, M., Vašek, M., Prchalová, M., Čech, M., Frouzová, J., Jůza, T., Muška, M., Tušer, M., Draštík, V., Šmejkal, M., Vejřík, L. & Peterka, J. (2017). Optimal gillnet sampling design for the estimation of fish community indicators in heterogeneous freshwater ecosystems. *Ecological Indicators*, 77, 368–376. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.036>
- Boivin-Delisle, D., Laporte, M., Burton, F., Dion, R., Normandeau, E. & Bernatchez, L. (2021). Using environmental DNA for biomonitoring of freshwater fish communities: Comparison with established gillnet surveys in a boreal hydroelectric impoundment. *Environmental DNA*, 3 (1), 105–120. <https://doi.org/10.1002/edn3.135>
- Bosch, N.E., Gonçalves, J.M.S., Erzini, K. & Tuya, F. (2017). “How” and “what” matters: Sampling method affects biodiversity estimates of reef fishes. *Ecology and Evolution*, 7 (13), 4891–4906. <https://doi.org/10.1002/ece3.2979>
- Davidson, K.E., Fowler, M.S., Skov, M.W., Doerr, S.H., Beaumont, N. & Griffin, J.N. (2017). Livestock grazing alters multiple ecosystem properties and services in salt marshes: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 54 (5), 1395–1405
- Degerman, E., Axelsson, R. & Hermansson, R. (u.å.). Bladvassar – en unik våtmarksmiljö i förändring.
- Dejean, T., Valentini, A., Duparc, A., Pellier-Cuit, S., Pompanon, F., Taberlet, P. & Miaud, C. (2011). Persistence of Environmental DNA in Freshwater Ecosystems. *PLOS ONE*, 6 (8), e23398. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023398>
- Eriksson, O. (2022). Coproduction of Food, Cultural Heritage and Biodiversity by Livestock Grazing in Swedish Semi-natural Grasslands. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.801327>
- Froese, R., Steiner, N., Papaioannou, E., MacNeil, L., Reusch, T.B.H. & Scotti, M. (2025). Systemic failure of European fisheries management. *Science*, 388 (6749), 826–828. <https://doi.org/10.1126/science.adv4341>
- Fujii, K., Doi, H., Matsuoka, S., Nagano, M., Sato, H. & Yamanaka, H. (2019). Environmental DNA metabarcoding for fish community analysis in backwater lakes: A comparison of capture methods. *PLOS ONE*, 14 (1), e0210357. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210357>
- Golpour, A., Šmejkal, M., Čech, M., dos Santos, R.A., Souza, A.T., Jůza, T., Martínez, C., Bartoň, D., Vašek, M., Draštík, V., Kolařík, T., Kočvara, L., Říha, M., Peterka, J. & Blabolil, P. (2022). Similarities and Differences in Fish Community Composition Accessed by Electrofishing, Gill Netting, Seining, Trawling, and Water eDNA Metabarcoding in Temperate Reservoirs. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.913279>
- Gustavsson, A. (2022). eDNA-provtagning i skyddade områden. *Länsstyrelsen Södermanland*.

- Holubová, M., Richta, J., Čech, M., Vejřík, L., Draštík, V., Kočvara, L. & Peterka, J. (2025). Assessing the applicability of diver-based surveys for monitoring fish populations in lentic lakes. *Fisheries Research*, 284, 107308. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2025.107308>
- Increases of opportunistic species in response to ecosystem change: the case of the Baltic Sea three-spined stickleback* | *ICES Journal of Marine Science* | Oxford Academic (u.å.). <https://academic.oup.com/icesjms/article/79/5/1419/6581452> [2025-05-22]
- Karlsson, E., Ogonowski, M., Sundblad, G., Sundin, J., Svensson, O., Nousiainen, I. & Vasemägi, A. (2022). Strong positive relationships between eDNA concentrations and biomass in juvenile and adult pike (*Esox lucius*) under controlled conditions: Implications for monitoring. *Environmental DNA*, 4 (4), 881–893. <https://doi.org/10.1002/edn3.298>
- KUL. 2025. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser. <http://www.slu.se/kul>
- Kinnebrew, E., Champlin, L.K. & Neill, C. (2019a). Interactions between cattle grazing, plant diversity, and soil nitrogen in a northeastern U.S. coastal grassland. *Applied Vegetation Science*, 22 (2), 317–325. <https://doi.org/10.1111/avsc.12422>
- Luther, H., & Munsterhjelm, R. (1983). Inverkan av strandbetets upphörande på hydrolitoralens flora i Pojoviken. *Fauna Flora Fennica*, 59.
- Martina Meinam, Y Jackie Singh, Huirem Bharati, & Teresa Meinam (2023). Importance of fish biodiversity conservation and management. *International Journal of Science and Research Archive*, 9 (2), 387–391. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2023.9.2.0513>
- Miya, M. (2022). Environmental DNA Metabarcoding: A Novel Method for Biodiversity Monitoring of Marine Fish Communities. *Annual Review of Marine Science*, 14 (Volume 14, 2022), 161–185. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-041421-082251>
- Nichols, M.H., Ruyle, G.B. & Dille, P. (2017). High-Temporal Resolution Photography for Observing Riparian Area Use and Grazing Behavior. *Rangeland Ecology & Management*, 70 (4), 418–421. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2017.01.001>
- Niemi, N., Hansen, J.P., Eklöf, J.S., Eriksson, B.K., Andersson, H.C., Bergström, U. & Östman, Ö. (2023). Influence of reed beds (*Phragmites australis*) and submerged vegetation on pike (*Esox lucius*). *Fisheries Research*, 261, 106621. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2023.106621>
- Olin, A.B., Olsson, J., Eklöf, J.S., Eriksson, B.K., Kaljuste, O., Briekmane, L. & Bergström, U. (2022). Increases of opportunistic species in response to ecosystem change: the case of the Baltic Sea three-spined stickleback. *ICES Journal of Marine Science*, 79 (5), 1419–1434. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac073>
- Olsson, J., Andersson, M.L., Bergström, U., Arlinghaus, R., Audzijonyte, A., Berg, S., Briekmane, L., Dainys, J., Ravn, H.D., Droll, J., Dziemian, Ł., Fey, D.P., van Gemert, R., Greszkiewicz, M., Grochowski, A., Jakubavičiūtė, E., Lozys, L., Lejk, A.M., Mustamäki, N., Naddafi, R., Olin, M., Saks, L., Skov, C., Smoliński, S., Svirgsden, R., Tiainen, J. & Östman, Ö. (2023). A pan-Baltic assessment of temporal trends in coastal pike populations. *Fisheries Research*, 260, 106594. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106594>
- Pulungan, M.A., Suzuki, S., Gavina, M.K.A., Tubay, J.M., Ito, H., Nii, M., Ichinose, G., Okabe, T., Ishida, A., Shiyomi, M., Togashi, T., Yoshimura, J. & Morita, S. (2019). Grazing enhances species diversity in grassland communities. *Scientific Reports*, 9 (1), 11201. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47635-1>
- Říha, M., Kubečka, J., Prchalová, M., Mrkvička, T., Čech, M., Draštík, V., Frouzová, J., Hohausová, E., Jůza, T., Kratochvíl, M., Peterka, J., Tušer, M. & Vašek, M. (2011). The influence of diel period on fish assemblage in the unstructured

- littoral of reservoirs. *Fisheries Management and Ecology*, 18 (4), 339–347.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2011.00790.x>
- Rourke, M.L., Fowler, A.M., Hughes, J.M., Broadhurst, M.K., DiBattista, J.D., Fielder, S., Wilkes Walburn, J. & Furlan, E.M. (2022). Environmental DNA (eDNA) as a tool for assessing fish biomass: A review of approaches and future considerations for resource surveys. *Environmental DNA*, 4 (1), 9–33.
<https://doi.org/10.1002/edn3.185>
- Sakata, M.K., Watanabe, T., Maki, N., Ikeda, K., Kosuge, T., Okada, H., Yamanaka, H., Sado, T., Miya, M. & Minamoto, T. (2021). Determining an effective sampling method for eDNA metabarcoding: a case study for fish biodiversity monitoring in a small, natural river. *Limnology*, 22 (2), 221–235.
<https://doi.org/10.1007/s10201-020-00645-9>
- Sandström, A., Bergquist, B., Ragnarsson-Stabo, H. & Andersson, M. (2014). A test of sampling methods for fishes in the littoral zone of Lake Vänern, Sweden. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 17 (4), 357–364.
<https://doi.org/10.1080/14634988.2014.975655>
- Snickars, M., Sandström, A., Lappalainen, A. & Mattila, J. (2007). Evaluation of low impact pressure waves as a quantitative sampling method for small fish in shallow water. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 343 (1), 138–147. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2006.12.008>
- STROBIO-Strandbete och biologisk mångfald under ytan (u.å.). *Nämdö Green Archipelago*. <https://greenarchipelago.se/strobio-strandbete-och-biologisk-mangfald-under-ytan/> [2025-05-22]
- Svensson, J. & Moreau, A. (2012). Ängar – biologisk mångfald och variation i odlingslandskapet. *Jordbruksverket*.
- Thanopoulou, Z., Sini, M., Vatikiotis, K., Katsoupis, C., Dimitrakopoulos, P.G. & Katsanevakis, S. (2018a). How many fish? Comparison of two underwater visual sampling methods for monitoring fish communities. *PeerJ*, 6, e5066.
<https://doi.org/10.7717/peerj.5066>
- Thomsen, P.F. & Willerslev, E. (2015). Environmental DNA – An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. *Biological Conservation*, 183, 4–18. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.11.019>
- Tibblin, P., Bergström, K., Flink, H., Hall, M., Berggren, H., Nordahl, O. & Larsson, P. (2023). Higher abundance of adult pike in Baltic Sea coastal areas adjacent to restored wetlands compared to reference bays. *Hydrobiologia*, 850 (9), 2049–2060. <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05216-4>
- Tiškus, E., Vaičiūtė, D., Bučas, M. & Gintauskas, J. (2023). Evaluation of common reed (*Phragmites australis*) bed changes in the context of management using earth observation and automatic threshold. *European Journal of Remote Sensing*, 56 (1), 2161070. <https://doi.org/10.1080/22797254.2022.2161070>
- Viitasalo, M. & Bonsdorff, E. (2022). Global climate change and the Baltic Sea ecosystem: direct and indirect effects on species, communities and ecosystem functioning. *Earth System Dynamics*, 13 (2), 711–747.
<https://doi.org/10.5194/esd-13-711-2022>
- Wang, S., Yan, Z., Hänfling, B., Zheng, X., Wang, P., Fan, J. & Li, J. (2021). Methodology of fish eDNA and its applications in ecology and environment. *Science of The Total Environment*, 755, 142622.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142622>

4. Bilagor

4.1 Bilaga 1 – referenser till resultat och diskussion

- Austin, Å. (2022). Yngelfiske med undervattensdetonationer i 22 vikar längs Gävleborgs läns kust. *2022*, 2022:13
- Bernes, C., (2001). Läker tiden alla sår? *Naturvårdsverkets förlag*. ISBN: 9162012134
- Bergström, U. et al. (2021) 'Fisk i kustvatten - Yngelprovfiske med tryckvåg. Övervakningsmanual.', Havs- och Vattenmyndigheten
- Bergström, U., Larsson, S., Erlandsson, M., Ovegård, M., Ragnarsson Stabo, H., Östman, Ö. & Sundblad, G. (2022). Long-term decline in northern pike (*Esox lucius* L.) populations in the Baltic Sea revealed by recreational angling data. *Fisheries Research*, 251, 106307. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106307>
- Blabolil, P., Boukal, D.S., Ricard, D., Kubečka, J., Říha, M., Vašek, M., Prchalová, M., Čech, M., Frouzová, J., Jůza, T., Muška, M., Tušer, M., Draštík, V., Šmejkal, M., Vejřík, L. & Peterka, J. (2017). Optimal gillnet sampling design for the estimation of fish community indicators in heterogeneous freshwater ecosystems. *Ecological Indicators*, 77, 368–376. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.02.036>
- Boivin-Delisle, D., Laporte, M., Burton, F., Dion, R., Normandeau, E. & Bernatchez, L. (2021). Using environmental DNA for biomonitoring of freshwater fish communities: Comparison with established gillnet surveys in a boreal hydroelectric impoundment. *Environmental DNA*, 3 (1), 105–120. <https://doi.org/10.1002/edn3.135>
- Dejean, T., Valentini, A., Duparc, A., Pellier-Cuit, S., Pompanon, F., Taberlet, P. & Miaud, C. (2011). Persistence of Environmental DNA in Freshwater Ecosystems. *PLOS ONE*, 6 (8), e23398. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023398>
- Froese, R., Steiner, N., Papaioannou, E., MacNeil, L., Reusch, T.B.H. & Scotti, M. (2025). Systemic failure of European fisheries management. *Science*, 388 (6749), 826–828. <https://doi.org/10.1126/science.adv4341>
- Fujii, K., Doi, H., Matsuoka, S., Nagano, M., Sato, H. & Yamanaka, H. (2019). Environmental DNA metabarcoding for fish community analysis in backwater lakes: A comparison of capture methods. *PLOS ONE*, 14 (1), e0210357. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210357>
- Gustavsson, A (2022) eDNA-provtagning i skyddade områden. Länsstyrelsen Södermanland.
- Golpour, A., Šmejkal, M., Čech, M., dos Santos, R.A., Souza, A.T., Jůza, T., Martínez, C., Bartoň, D., Vašek, M., Draštík, V., Kolařík, T., Kočvara, L., Říha, M., Peterka, J. & Blabolil, P. (2022). Similarities and Differences in Fish Community Composition Accessed by Electrofishing, Gill Netting, Seining, Trawling, and Water eDNA Metabarcoding in Temperate Reservoirs. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.913279>
- Holubová, M., Richta, J., Čech, M., Vejřík, L., Draštík, V., Kočvara, L. & Peterka, J. (2025). Assessing the applicability of diver-based surveys for monitoring fish populations in lentic lakes. *Fisheries Research*, 284, 107308. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2025.107308>
- Karlsson, M., (2020). 'Provfiske i Östersjöns Kustområden – Djupstratifierat provfiske med nordiska kustöversiktsnät'. Sveriges lantbruksuniversitet. Version 1:4.
- Luther, H., & Munsterhjelm, R. (1983). Inverkan av strandbetets upphörande på hydrolitoralens flora i Pojoviken. *Fauna Flora Fennica*, 59.
- Meinam, M., Jackie Singh, Y., Bharati, H., & Meinam., T. (2023). Importance of fish biodiversity conservation and management. *International Journal of Science and Research Archive*, 9 (2), 387–391. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2023.9.2.0513>

- Miya, M. (2022). Environmental DNA Metabarcoding: A Novel Method for Biodiversity
- Nichols, M.H., Ruyle, G.B. & Dille, P. (2017). High-Temporal Resolution Photography for Observing Riparian Area Use and Grazing Behavior. *Rangeland Ecology & Management*, 70 (4), 418–421. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2017.01.001>
- Niemi, N., Hansen, J.P., Eklöf, J.S., Eriksson, B.K., Andersson, H.C., Bergström, U. & Östman, Ö. (2023). Influence of reed beds (*Phragmites australis*) and submerged vegetation on pike (*Esox lucius*). *Fisheries Research*, 261, 106621. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2023.106621>
- Říha, M., Kubečka, J., Prchalová, M., Mrkvička, T., Čech, M., Draštík, V., Frouzová, J., Hohausová, E., Jůza, T., Kratochvíl, M., Peterka, J., Tušer, M. & Vašek, M. (2011). The influence of diel period on fish assemblage in the unstructured littoral of reservoirs. *Fisheries Management and Ecology*, 18 (4), 339–347. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2011.00790.x>
- Rourke, M.L., Fowler, A.M., Hughes, J.M., Broadhurst, M.K., DiBattista, J.D., Fielder, S., Wilkes Walburn, J. & Furlan, E.M. (2022). Environmental DNA (eDNA) as a tool for assessing fish biomass: A review of approaches and future considerations for resource surveys. *Environmental DNA*, 4 (1), 9–33. <https://doi.org/10.1002/edn3.185>
- Sakata, M.K., Watanabe, T., Maki, N., Ikeda, K., Kosuge, T., Okada, H., Yamanaka, H., Sado, T., Miya, M. & Minamoto, T. (2021). Determining an effective sampling method for eDNA metabarcoding: a case study for fish biodiversity monitoring in a small, natural river. *Limnology*, 22 (2), 221–235. <https://doi.org/10.1007/s10201-020-00645-9>
- Sandström, A., Bergquist, B., Ragnarsson-Stabo, H. & Andersson, M. (2014). A test of sampling methods for fishes in the littoral zone of Lake Vänern, Sweden. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 17 (4), 357–364. <https://doi.org/10.1080/14634988.2014.975655>
- Snickars, M., Sandström, A., Lappalainen, A. & Mattila, J. (2007). Evaluation of low impact pressure waves as a quantitative sampling method for small fish in shallow water. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 343 (1), 138–147. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2006.12.008>
- Thanopoulou, Z., Sini, M., Vatikiotis, K., Katsoupis, C., Dimitrakopoulos, P.G. & Katsanevakis, S. (2018b). How many fish? Comparison of two underwater visual sampling methods for monitoring fish communities. *PeerJ*, 6, e5066. <https://doi.org/10.7717/peerj.5066>
- Thomsen, P.F. & Willerslev, E. (2015). Environmental DNA – An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. *Biological Conservation*, 183, 4–18. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.11.019>
- Viitasalo, M. & Bonsdorff, E. (2022). Global climate change and the Baltic Sea ecosystem: direct and indirect effects on species, communities and ecosystem functioning. *Earth System Dynamics*, 13 (2), 711–747. <https://doi.org/10.5194/esd-13-711-2022>
- Wang, S., Yan, Z., Hänfling, B., Zheng, X., Wang, P., Fan, J. & Li, J. (2021). Methodology of fish eDNA and its applications in ecology and environment. *Science of The Total Environment*, 755, 142622. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142622>

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

Alla författare till arbetet måste kryssa i sitt godkännande. Ta bort eller lägg till rader beroende på antalet författare. Ta bort den här texten när den inte längre behövs.

JA, jag, **författares namn** har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

JA, jag, **författares namn** har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.