



Vattenföroreningars påverkan på biologisk mångfald och abundans hos akvatiska evertebrater

En studie i södra Sverige

The effect of water pollution on biodiversity and abundance of aquatic invertebrates – a study in southern Sweden

Sandra Wiig och Sara Åsberg

Kandidatarbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Jägmästarprogrammet
Kandidatarbete | Skogsvetenskap • 2023:21
Umeå 2023



Vattenföroreningars påverkan på biologisk mångfald och abundans hos akvatiska evertebrater – En studie i södra Sverige

The effect of water pollution on biodiversity and abundance of aquatic invertebrates – a study in southern Sweden.

Sandra Wiig och Sara Åsberg

Handledare: Erin McCallum, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för vilt, fisk och miljö
Examinator: Therese Löfroth, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för vilt, fisk och miljö

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i skogsvetenskap
Kurskod: EX0911
Program/utbildning: Jägmästarprogrammet
Kursansvarig inst.: Institutionen för skogens ekologi och skötsel
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2023
Omslagsbild: Dragonfly on the Pink Coral Sky Day Flowering Waterlily
Upphovsrätt: crudmucosa under CC BY 2.0
Serietitel: Kandidatarbete i skogsvetenskap
Delnummer i serien: 2023:21

Nyckelord: Abundans, akvatiska evertebrater, biodiversitet, reningsverk, vattenkvalitet

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakultet för skogsvetenskap
Institution för skogens ekologi och skötsel

Sammanfattning

Föroreningar i landskapets vatten kan spridas genom många olika faktorer, exempelvis via reningsverk, skogsbruk och jordbruk. De organismer som lever i vattenmiljöer kan vara mycket känsliga för de föroreningar som släpps ut, vilket kan leda till allvarliga konsekvenser som förlust av biologisk mångfald och andra förändringar inom dessa samhällen. Akvatiska evertebrater utgör bra bioindikatorer för vattenföroreningar då viss taxa är känsligare mot föroreningar än andra. I denna studie har akvatiska evertebrater samlats in från områden vid fem olika reningsverk i södra Sverige under sommar och höst. Syftet med studien är att undersöka hur vattenföroreningar som är orsakade av mänsklig aktivitet påverkar den biologiska mångfalden och abundansen. Det samlades in prover uppströms och nedströms med reningsverket, samt vid utlopp. Prover samlades in genom antingen kick-net eller specialgjorda fällor. Studien undersöker även om det finns en skillnad mellan de två olika insamlingsmetoderna som använts. Studien visade ingen signifikant skillnad när det kommer till abundans och biologisk mångfald gällande plats. Dock observerades en viss skillnad mellan platserna där det var högst biodiversitet och abundans uppströms. Resultatet visade även att det finns en signifikant skillnad i insamlingsmetod av akvatiska evertebrater där metoden med specialgjorda fällor visar på en högre abundans och biodiversitet av akvatiska evertebrater i jämförelse med metoden där kick-net användes. För framtida studier krävs mer data och ytterligare forskning för att studera hur vattenföroreningar påverkar biologisk mångfald och abundans på en mer detaljerad nivå.

Nyckelord: akvatiska evertebrater, vattenföroreningar, vattenkvalitet, biologisk mångfald, biodiversitet, abundans

Abstract

Wastewater treatment plants (wwtp), forestry and agriculture are some examples of how contaminants can spread in the landscape and cause water pollution. Organisms that live in water can be very sensitive to water pollution which could lead to several negative consequences, such as loss in biodiversity and other changes in these communities. Aquatic invertebrates are often used as bioindicators for pollutions since some orders of aquatic invertebrates are more sensitive towards contaminants than others. In this study, samples of aquatic invertebrates have been collected from areas of five different wwtp in southern Sweden during summer and fall. Furthermore, samples were taken upstream, downstream and at outfall at each wwtp. They were collected using either a kick-net method or a special trap. The purpose of this study is to investigate how water pollution affects aquatic invertebrates when it comes to biodiversity and abundance, and if there is a difference between the two different methods when collecting the samples. The study found no significant difference in biodiversity or abundance among the different locations. However, the study found a significant difference between the different sampling methods. The special traps indicated both higher abundance and higher biodiversity. For future studies, more data and more research are required to study water pollution and its effect on biodiversity and abundance on a more species specific and detailed level.

Keywords: abundance, aquatic invertebrates, biodiversity, wastewater treatment plants, water quality

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	6
Figurförteckning.....	6
Förkortningar.....	8
1. Inledning	9
1.1 Problembakgrund.....	9
1.1.1 Vattenkvalitet	10
1.1.2 Skogsbruk och vattenföroreningar.....	11
1.1.3 Akvatiska evertebrater som bioindikatorer för vatten- och habitatkvalitet	13
1.1.4 Akvatiska evertebrater och vattenföroreningar.....	15
1.2 Syfte och frågeställningar	17
1.3 Avgränsningar	18
2. Metod och material	19
2.1 Material	19
2.2 Insamling av data	19
2.3 Bearbetning och analys av data.....	21
2.4 Statistiska metoder	21
3. Resultat	23
3.1 Diversitet	25
3.2 Abundans	26
4. Diskussion	27
4.1 Hur påverkar vattenföroreningar från reningsverk biodiversitet och abundans av akvatiska evertebrater?.....	27
4.2 Finns det någon skillnad i biodiversitet och abundans beroende på insamlingsmetod?	30
5. Slutsatser.....	31
Referenser.....	32
Tack.....	36
Bilaga 1.....	37
Bilaga 2.....	38

Tabellförteckning

Tabell 1. Tabell över antal insamlade och klassificerade akvatiska evertebrater utifrån ordning, plats och insamlingsmetod.	23
---	----

Figurförteckning

Figur 1. Illustration av vattendrag längs med reningsverk. Figuren visar vart uppströms, utlopp och nedströms är lokaliserade i förhållande till reningsverket.	19
Figur 2. A) Bild på insamlingsmetod med kick-net. B) Bild på insamlingsmetod med specialgjord fälla, där halm och sten använts.	20
Figur 3. A) Substrat från en provtagningsplats som hållts ut i en större behållare. Glasrutan i mitten utgör delprovet som ska analyseras. B) Sortering utifrån ordningar av akvatiska evertebrater som fördelats i separata behållare.	21
Figur 4. På x-axeln visas plats och på y-axeln visas antal akvatiska evertebrater. Diagrammet visar antal organismer inom respektive ordning av de akvatiska evertebrater som observerats utifrån plats, det vill säga nedströms, utlopp och uppströms. De akvatiska evertebraterna som observerats är listade till höger om diagrammet.	24
Figur 5. På x-axeln visas insamlingsmetod och på y-axeln visas antal akvatiska evertebrater. Diagrammet visar antal organismer inom respektive ordning av de akvatiska evertebrater som observerats utifrån insamlingsmetod. De akvatiska evertebraterna som observerats är listade till höger om diagrammet.	24
Figur 7. Illustration av EPT + C (E = Ephemeroptera, P = Plecoptera, T = Trichoptera, C = Coleoptera) och dess variation beroende på plats.	25
Figur 8. A) Lådagram som visar diversiteten av ordningar inom akvatiska evertebrater utifrån plats. B) Lådagram som visar diversiteten av ordningar inom akvatiska evertebrater utifrån insamlingsmetod.	25
Figur 9. A) Lådagram som visar abundansen av akvatiska evertebrater utifrån plats. B) Lådagram som visar abundansen av akvatiska evertebrater utifrån insamlingsmetod.	26

Förkortningar

C	Coleoptera (Skalbaggar)
EPT	Ephemeroptera (Dagsländor), Plecoptera (Bäcksländor), Trichoptera (Nattsländor)
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet

1. Inledning

I landskapets vatten sprids kemikalier som kan orsaka föroreningar. Kemikalierna kommer dels från människors hem och arbeten i form av avloppsvatten och dels från industrier och annan mänsklig aktivitet som jordbruk och skogsbruk. Miljöföroreningar, kända för att skada miljön och föroreningar som nyligen identifierats, innehåller kemikalier som utsätter fara för både inlandets vatten och sårbara kustområden i Östersjön. Sveriges samhälle har idag välutvecklade reningsverk för avloppsvatten som effektivt renar vattnet innan det släpps ut i sjöar och kustvatten. Utvecklingen kring avloppsvatten har under de senaste 200 åren gått från att lösa den lokala sanitära problematiken till att hanteras globalt som en miljöfråga (Åkerblom et al. 2020). Även avverkning av skog kan orsaka vattenföroreningar och enligt Benstead et al. (2004) finns det ett samband mellan avverkningar och förlust av taxa i vattenströmmar. Det innebär att organismer som är klassificerade i någon typ av taxa som exempelvis ordning eller familj, försvinner till följd av denna störning (Benstead et al. 2004). De akvatiska organismer som lever i dessa miljöer är under perioder extremt känsliga för de föroreningar som släpps ut i vattnet vilket kan ge allvarliga konsekvenser (Baltic Sea Centre 2021). I denna studie har akvatiska evertetrater samlats in från södra Sverige under sommar och höst. Studien undersöker hur de akvatiska evertetraterna påverkas av vattenföroreningar från reningsverk.

1.1 Problembakgrund

Akvatiska evertetrater är ryggradslösa djur som lever i vatten. Exempelvis tillhör kräftdjur, blötdjur och leddjur gruppen av evertetrater (Artdatabanken 2023b). Akvatiska organismer har en stor betydelse för ekologin i sötvatten eftersom de bland annat agerar som nedbrytare, är föda till sekundärer och filtrerar stora volymer vatten (Artdatabanken 2023a). Enligt SLU Artdatabankens rödlista (2020) är 91 arter inom de akvatiska evertetraterna listade som hotade av någon grad. Ytterligare 29 arter är listade på rödlistan som kunskapsbrist (Artdatabanken 2020). Dagens kunskap kring evertetrater samt sötvattenmiljöer är bristfälliga vilket medför att det finns ett stort mörkertal kring förekomsten av akvatiska organismer (Bjelke 2010).

Miljöer med naturligt näringsrika vattendrag förekommer främst inom kalkrika områden i södra Sverige. Där är sannolikheten att hitta rödlistade sötvattensarter som störst eftersom de ofta ställer specifika krav på habitat och livsmiljö. De naturligt förekommande förutsättningarna med hög näringstillgång och det sydliga läget medför en hög artrikedom. Dock har flera av dessa områden försvunnit på grund av mänsklig påverkan. De vattendrag och områden som i dagsläget är av stor betydelse vad gäller diversitet och artrikedom är utsatta för påfrestningar i form av bland annat vattenreglering (Bjelke 2010). Biodiversitet är viktigt eftersom olika organismer bidrar till olika funktioner i ett ekosystem. Organismer kan ha olika roller som stöttar specifika funktioner, vilket innebär att det kan skapa obalans i ekosystemet om dessa organismer försvinner. Det kan påverka ekosystemet i sig, samtidigt som det kan påverka de tjänster som ekosystemet bidrar till. Dessa tjänster är viktiga för människor och innebär exempelvis rent vatten och fiske (Magurran 2021). Arter kan exempelvis hotas av ett intensivt skogsbruk med föryngringsavverkning och markberedning, vilket medför att vattendrag i skogslandskapet förstörs (Bjelke 2010). Utöver dessa problem tillkommer nya miljöproblem i och med att klimatet blir varmare vilket kan påverka vattenlevande organismer negativt. En ökning av stora regnmängder under kort tid kan orsaka översvämningar och leda till invallningar längs med vattenmiljöer. Dessutom kan en ökad mängd nederbörd under vintertid skapa grumligt ytvatten. En förhöjd vattentemperatur under sommaren skapar ökad nedbrytning av organiskt material och kan leda till syrgasbrist i vattnet. Dessutom är det inte lika vanligt förekommande inom finansierade studier och forskning att den typ av livsmiljö som organismerna lever i inkluderas (ibid.). Vanligtvis genomförs studier och provtagningar under vår och höst vilket gör att kunskapsbristen vad gäller faunan under sommaren är bristfällig och kunskapen kring aktiva arter under den perioden är låg. Det förekommer en rådande kunskapsbrist kring fauna och flora för nordliga vattendrag då väldigt få studier och provtagningar utförs under sommaren (ibid.). Baltic Sea Centre (2021) indikerar att det finns en ökad oro i samhället och hos forskare för de ekotoxikologiska effekterna av de föroreningar och kemikalier som sprids i vattnet.

1.1.1 Vattenkvalitet

Idag finns reningsverk för att behandla förorenat vatten innan det förs ut i olika typer av vattendrag. För att rena vattnet kombineras olika tekniker där vattnet syresätts för att mikroorganismer ska kunna växa och vidare tillgodogöra sig näringsämnen och organiskt material (Naturvårdsverket u.å.). Dock varierar kvaliteten på reningsverk och dess teknologier runt om i världen (Hamdhani et al. 2020). De flesta reningsverk är dessutom inte tillräckligt bra för att behandla de

läkemedel eller hormonstörande ämnen som också hamnar i avloppsvattnet, vilket innebär att mycket passerar ut i olika typer av vattenekosystem (Comber et al. 2018). I de vattendrag som förorenat vatten släpps ut i påverkas vattenkvaliteten. Generellt har dessa vattendrag högre temperatur och konduktivitet, samt högre alkalinitet och högre halter av olika kväveföreningar, fosfat och tungmetaller. Dock visar studier att halterna av upplöst syre är låga i vattendrag vid utsläppsområden (Aristone et al. 2022; Hamdhani et al. 2020). Även Aristone et al. (2022) konstaterar att temperaturen i vattnet vid utsläppsområden är varmare under vintern än i vattendrag uppströms med reningsverket. Havs- och Vattenmyndigheten (2022) förklarar att en förändrad syrehalt även kan bero på hydrografiska eller klimatrelaterade förhållanden och kan påverka den biologiska mångfalden.

Förändringar i klimatet skapar problem för vattendrag eftersom det blir högre temperaturer, större skyfall och längre perioder av torra. Det leder till att tillgången på vatten ändras och vattenkvaliteten påverkas. Effekterna från klimatförändringar skapar problem för Sveriges vattenreningsverk då svårnedbrytbara och farliga ämnen från samhället påverkar våra ekosystem negativt (Klimatanpassning.se 2020; SvensktVatten 2021). Vatten som kommer till reningsverk kan innehålla bakterier, virus och parasiter i större utsträckning och kan spridas till naturen då klimatet förändras. Det finns därmed en ökad risk för sjukdomar hos både människor och andra organismer i samband med att hanteringen av vattnets reningsprocess försvåras (Klimatanpassning.se 2020).

Tillgång och variation av ämnen i förorenade vattendrag varierar även beroende på vilken typ av underlag som finns på botten av vattendraget, det vill säga typ av flodbädd. Exempelvis konstaterade Mor et al. (2019) i en studie att flodbäddar som är dominerade av sand innehöll högre halter av giftiga ämnen från förorenat vatten än flodbäddar av kullersten. Dock visade studien att vatten som har en bädd av sand är mer näringsrika, trots de höga halterna av giftiga ämnen (Mor et al. 2019).

1.1.2 Skogsbruk och vattenföroreningar

Sverige är ett land som har en stor yta bestående av skog. Skogen används i stor utsträckning som en virkesresurs där trä som råvara är i fokus. Skogen har många viktiga roller utöver odling och avverkningar (Niklasson & Nilsson 2005). Hela skogens landskap består av ett sammankopplat ekosystem där flera tusen organismer har sin livsmiljö och många av dessa organismer gynnas inte av det nuvarande sättet att bruka skogen och riskerar därmed att försvinna från landet (ibid.). Riksdagen har fattat beslut kring skogens resurser och den biologiska mångfalden med följande motivering, hämtad från 1§ Skogsvårdslagen (1979:429):

“Skogen är en nationell tillgång och en förnybar resurs som ska skötas så att den uthålligt ger en god avkastning samtidigt som den biologiska mångfalden behålls”.

Eftersom skogsbruket i många fall fragmenterar och försämrar habitat för många arter påverkar det förutsättningarna för den biologiska mångfalden i skogen. Bland de största utmaningarna med dagens skogsbruk när det kommer till att bibehålla biodiversitet är att mycket biomassa plockas ut från skogen och att det är brist på fullvuxna, äldre träd samt död och döende ved. Det är främst i södra Sverige som landskapet påverkats av mänsklig aktivitet och det är även där det största hotet mot känsliga organismer finns (Nilsson et al. 2005).

Även i sötvattenssystem utgör skogsbruket tillsammans med jordbruk, överexploatering, klimatförändringar och förstöring av habitat de största hoten mot biologisk mångfald. Genom skogsbruket kan vattnet förorenas och det är enligt Collier et al. (2016) ett större hot mot akvatiska evertetrater i sötvatten än i marina miljöer. Detta beror på att utsläppen sprids snabbare nedströms samt att de nära sammanslutningarna mellan vattendrag och land bidrar till fler ingångar för föroreningar att hamna i vattnet (Collier et al. 2016).

I en studie av Baillie et al. (2010) kontrollerades de kortsiktiga effekterna av skogsbruk i form av avverkning intill vattendrag. Vattendrag skyddas ofta av lokaler som är skogsbevuxna. Dock kan även de skyddade vattendragen påverkas av avverkningar i närheten eftersom det kan ske avrinningar nedströms. Detta kan därmed påverka abundansen, det vill säga förekomsten av akvatiska evertetrater. Vattenkvaliteten och den livsmiljö som tidigare funnits kan trots det återhämtas i framtiden och leda till återkolonisering av de akvatiska evertetraterna. Även sträckan i förhållande till vattendraget kan ha en större inverkan på sammansättningen av akvatiska evertetrater till skillnad från den procentandel intill vattendraget som avverkats. Baillie et al. (2010) anser vidare att det är viktigt att ta hänsyn till de hydrologiska och landskapliga förhållandena vid avverkning.

Markanvändningens påverkan på vattendrag samt den biologiska mångfalden har studerats av Miserendino et al. (2011), där de konstaterade att akvatiska evertetrater är användbara indikatorer för påverkan av markanvändning och vattenkvalitet. Vattnets egenskaper förändras i form av temperaturökningar och ljusinsläpp då avverkning av skog skett i lokaler nära vattendrag i jämförelse med icke avverkade områden (Miserendino 2022; Baillie 2010). I studien utförd av Baillie et al. (2010) minskade andelen känslig taxa efter avverkning, då samhällsstrukturen hos de akvatiska evertetraterna förändrades och etableringen av andra grupper av evertetrater ökade.

Wipfli et al. (2007) har studerat kopplingar mellan ekosystem i vattendrag belägna uppströms och nedströms och hur faktorer som markanvändning kan påverka dess sammansättning. De nämner att vattendrag består till stora delar av organiskt material och evertetrater som tillförs från kringliggande lokaler. Tillskottet från kringliggande mark bryts ned till mindre partiklar och kan på så sätt lättare exporteras med vattendraget nedströms. Vidare konstaterar Wipfli et al. (2007) att markanvändningen påverkar transporten och nedbrytningsprocessen i vattendrag nedströms från exempelvis skogsavverkning. Det beror på att viktiga närliggande källor tas bort och det kan i sin tur leda till förändring i biotiska samhällen och ekosystem (ibid.).

I vissa fall är de föroreningar som sprids i miljön framställda för att vara giftiga, exempelvis bekämpningsmedel som används vid jord- och skogsbruk. Efter användning av dessa bekämpningsmedel kan det genom avrinning vid kraftiga regn eller utdikning påverka vattendrag och sjöar i kringliggande. Specifikt bekämpningsmedel mot skadeinsekter har negativa effekter på akvatiska evertetrater. Det beror på att många av insekterna på land har utvecklingsstadier i akvatiska miljöer och är därför extra känsliga. Gifterna de får i sig kan påverka deras biologiska system, vilket innebär att det kan påverka nervsystemet. Vidare kan det leda till indirekt eller direkt död för organismen (Lundqvist 2011). Det är även vanligt att miljögifter ansamlas i sediment på botten av vattendrag vilket påverkar bottenlevande organismer. Det finns även akvatiska evertetrater som får i sig gifter passivt genom upptag via hud eller andningsorgan i form av exempelvis gälar (ibid.).

1.1.3 Akvatiska evertetrater som bioindikatorer för vatten- och habitatkvalitet

Akvatiska ekosystem är beroende av evertetrater då de har olika funktioner och bidrar till många ekosystemtjänster. Exempel på ekosystemtjänster som de bidrar till är föda, renare vatten och kulturella värden. De utgör föda för olika organismer och en del akvatiska evertetrater kan även ätas av människor. Vidare bidrar arter inom Ephemeroptera, Diptera och Trichoptera till renare vatten genom nedbrytning, utbyte av näringsämnen och bioturbation. De kulturella värdena akvatiska evertetrater tillhandahåller är exempelvis i rekreationssyfte som fiske med Ephemeroptera och inom turism som observation av trollsländor, Odonata. Flera av dessa olika ekosystemtjänster har även ekonomiska värden (Macadam & Stockan 2015).

Många organismer är beroende av att konsumera andra organismer för att överleva, samt för tillväxt och reproduktion. Det uppstår trofiska interaktioner som binder

samma konsumenter och dess resurser, vilket skapar en födoväv av organismer (Chaguaceda 2020). Ett ekosystem består av många olika näringskedjor och flera organismer i form av land- och vattenlevande växter, samt konsumenter och nedbrytare. Tillsammans bildar alla dessa näringskedjor en näringsväv. Chaguaceda (2020) förklarar att kopplingar i födovävar för akvatiska system beror på indirekta interaktioner mellan bytesdjur och högre konsumenter i form av exempelvis rovdjur, vilket vidare påverkar exporten av näringsämnen till närliggande terrestra ekosystem. Sötvattenekosystem tar emot både organiskt material och bytesorganismer från närliggande landmiljöer. Till skillnad från sötvattenekosystemen är landlevande organismer i större utsträckning beroende av sötvattenlevande bytesdjur. Tillförseln av organiskt material från land till vatten gynnar organismerna då det bidrar till ökad biomassatillväxt. Detta resursflöde visade på en positiv koppling mellan land- och vattenekosystem (Bartels 2011).

Sveriges yta består till nio procent av sötvatten där det är hög biologisk mångfald. Antalet sötvattenlevande organismer är många och gruppen med evertebrater utgör den största delen av dem. De flesta organismer föredrar näringsrikt vatten vilket gör att diversitet ofta är störst där trots att en del av dem trivs bättre i näringsfattiga akvatiska miljöer (Bjelke 2010). Den stora gruppen av evertebrater i sötvatten har ofta en vattenlevande fas som larver och en landlevande fas som insekter, medan en del av dem har båda sina livsstadier i vattnet trots att de kan överleva på land (ibid.). Miljöer bestående av näringsrika områden, vegetation i stillastående samt steniga/grusiga strömmande vatten har den högsta diversiteten av evertebrater (ibid.). Akvatiska ekosystem i södra Sverige har visat en minskning av antal organismer till följd av olika störningar, vilket vidare har lett till att fler arter finns på rödlistan. En stor skillnad mellan rödlistade landlevande arter och sötvattensarter är att en stor del av de naturliga ekosystemen i sötvatten finns utanför skyddade områden i jämförelse med många skogsekosystem (ibid.).

Det finns flera faktorer som påverkar ekosystem i sötvatten där mänsklig aktivitet utgör ett starkt hot. Mänsklig aktivitet som jordbruk, skogsbruk, utsläpp av föroreningar och annan markanvändning kan leda till minskning av diversitet och försämring av habitat för akvatiska evertebrater. Ett sätt att studera förändringar i sötvattenekosystem samt förändringar i habitat och samhällen är att använda akvatiska evertebrater som bioindikatorer (Hodkinson & Jackson 2005). Enligt Hodkinson och Jackson (2005) används akvatiska evertebrater för att mäta vattenkvalitet eftersom olika taxa av akvatiska evertebrater reagerar olika på föroreningar. Vidare menar Hodkinson och Jackson (2005) att vissa ordningar av akvatiska evertebrater är intoleranta mot föroreningar, som exempelvis Plecoptera och Ephemeroptera, medan andra ordningar tolererar föroreningar bättre. Arter inom Trichoptera, det vill säga nattsländor, används vanligen som indikatorer för

organiska föroreningar i olika vattensystem eftersom de är rikliga i alla typer av naturliga vattensystem och förekommer i hög diversitet. Trichoptera är viktiga i ekosystemet eftersom de är processorer av organiskt material samt utgör en viktig del i näringskedjan (De Moor & Ivanov 2008). Ephemeroptera, Plecoptera och Trichoptera utgör tillsammans ett index som kallas EPT. Rikedomen av dessa ordningar används som en indikator på miljöns hälsa och används i stor omfattning inom studier (Goetz & Fiske 2013). Biodiversiteten av akvatiska evertebrater kan vidare användas som ett mätinstrument för att avgöra kvaliteten på habitat i ett ekosystem. Ett annat exempel på akvatiska evertebrater som används som bioindikatorer är arter inom ordningen Cladocera som används för att identifiera organiska giftiga ämnen (Hodkinson & Jackson 2005). Även Coleoptera används som bioindikator för föroreningar av tungmetaller i ytsediment (Wang et al. 2022). Enligt Iliopoulou-Georgudaki et al. (2003) finns det många fler fördelar med att använda evertebrater som indikatorer för vattenkvalitet än exempelvis fiskar eller vattenlevande växter. Det beror på att evertebrater är allmänt förekommande, har hög abundans och är enklare att samla in. Vidare menar Iliopoulou-Georgudaki et al. (2003) att akvatiska evertebrater ger ett bredare spektrum av typ och nivå av stress när det kommer till förändringar i vattenkvalitet.

1.1.4 Akvatiska evertebrater och vattenföroreningar

Variationen bland reningsverk när det kommer till hur effektivt samt hur mycket läkemedel och hormonstörande ämnen de tar bort i processen innebär att det finns en variation i hur mycket som dagligen hamnar i akvatiska ekosystem (Comber et al. 2018). Previšić et al. (2021) har studerat hur läkemedel och hormonstörande ämnen överförs från akvatiska till markbundna ekosystem. Previšić et al. (2021) konstaterade att insektsordningen Odonata hade höga halter av dessa främmande ämnen i tidigt livsstadium, det vill säga som larver, medan halterna var lägre för vuxna individer. Studien visade även att Trichoptera hade högre halter av hormonstörande ämnen vid vuxen ålder än vid larvstadium. Vidare konstaterade Previšić et al. (2021) att det sker en överföring av läkemedel och hormonstörande ämnen mellan akvatiska och markbundna ekosystem dels genom att många markbundna insekter har ett akvatiskt larvstadium och dels genom predation av akvatiska evertebrater. Enligt Englert et al. (2013) påverkar föroreningar från reningsverk födotillgången för akvatiska evertebrater. Studien visade att energiflödet för samhällen av akvatiska evertebrater blir reducerat nedströms med reningsverk vilket påverkar olika trofiska nivåer i ekosystem (Englert et al. 2013). Föroreningar har både direkta och indirekta effekter i ekosystemet. Direkta effekter kan exempelvis innebära att olika typer av beteenden hos organismer förändras eller påverkas. Förändringar i förekomst av organismer i ett ekosystem är ett exempel på en indirekt effekt. De indirekta effekterna är vanligen konsekvenser av de direkta

effekterna på beteenden hos arter som är orsakade av kemiska föroreningar (Saaristo et al. 2018). Vid höga koncentrationer av föroreningar är de direkta effekterna tydliga i form av dödlighet och minskade populationer. Vid lägre halter är påföljden tydligare kring förändring av egenskaper hos enskilda organismer, det kan till exempel vara rubbningar i hormoner, immunförsvar och reproduktionsförmåga. Påföljder av fysiologiska och morfologiska egenskaper kan förekomma i samband med beteendeförändringar vilket inträffar i form av minskad inlärning och sociala interaktioner (Relyea & Howerman 2016).

I en studie av Aristone et al. (2022) som genomförts i Kanada, studerades avloppsvatten från två olika reningsverk och vilken påverkan det har på samhällen av bentiska makrovertebrater. Studien utfördes under sommar och vinter. Bentiska makrovertebrater är större bottenlevande, ryggradslösa djur (Havs- och vattenmyndigheten 2016). De två reningsverken är olika stora, men ligger inom samma vattendelare. I studien kunde det konstateras att förekomsten av bentiska makrovertebrater vid det större reningsverket var högre i vattendrag nedströms reningsverket än uppströms. Däremot visade studien att diversiteten av familjer inom makrovertebraterna var högre uppströms med det större reningsverket än nedströms. Detta gällde både under sommaren och vintern. För det mindre reningsverket var både förekomsten av bentiska makrovertebrater och mängden familjer högre under sommaren än vintern. Dock var det ingen signifikant variation i diversiteten av familjer mellan årstiderna. Vidare visade studien att diversiteten av familjer minskade med avstånd från det mindre reningsverket. Aristone et al. (2022) diskuterar att möjliga orsaker till dessa skillnader i biodiversitet mellan de olika reningsverken kan bero på skillnader i vattenkvalitet samt att det mindre reningsverket har en högre nivå av behandling av vattnet vilket innebär att det reningsverket släpper ut mindre mängd förorenat vatten. Även andra faktorer som miljön runt omkring reningsverket antas ha en effekt på resultatet av skillnaderna i biodiversitet. Vidare menar Aristone et al. (2022) att koncentrationen av fosfor är avgörande för förekomsten av bentiska makrovertebrater under vintern. Därmed kan den lägre förekomsten av makrovertebrater vid det mindre reningsverket under vintern förklaras med generellt låga halter av fosfor i området (Aristone et al. 2022).

I en studie av Mor et al. (2019) undersöktes hur förorenat vatten påverkar samhällen samt sammansättningen av evertrebrater i dessa miljöer. Studien visade att biodiversiteten och förekomsten av EPT minskade för vattendrag som ligger nedströms från reningsverk. Vidare visade studien att antalet individer av akvatiska evertrebrater ökade nedströms med reningsverken. Resultatet av studien visade mer specifikt att taxa av Ephemeroptera, Trichoptera och Coleoptera minskade nedströms, medan taxa av Diptera och Gastropoda ökade. Mor et al. (2019) lyfter

vikten av att storleken på vattendrag och vilken typ av underlag vattendraget består av har en betydelse för vilken påverkan föroreningar har på akvatiska evertebrater, diversiteten och funktionaliteten. Därmed reagerar olika vattensystem olika på föroreningar beroende på vilka förutsättningar som finns på ståndorten. Vidare menar Mor et al. (2019) att föroreningarnas påverkan på samhällen av akvatiska evertebrater är komplext och att det är många faktorer utöver själva föroreningarna som har betydelse för vilket resultat föroreningarna bidrar till. Utöver storleken på vattendraget och typ av bottenunderlag kan det exempelvis vara strukturen på vattendraget, den lokala populationen och variationen av vattenflödet. Vidare menar Mor et al. (2019) att det är viktigt att i framtiden studera hur olika ekosystem reagerar på föroreningar än att endast studera föroreningarnas påverkan i sig. Albert et al. (2019) styrker att det finns teknologier för att förbättra hanteringen av den pågående förlusten av biodiversiteten i sötvattensystem i världen. Vidare menar Albert et al. (2019) att användningen och implementeringen av dessa teknologier hindras av politisk vilja och att det behöver belysas att förlust av biodiversitet i vattensystem samt försämring av dessa ekosystem kan komma att hämma mänsklig välfärd i framtiden.

1.2 Syfte och frågeställningar

Syftet med studien är att undersöka om vattenföroreningar påverkar biologisk mångfald och abundans för akvatiska evertebrater. För denna studie studeras biodiversitet som ett mått på rikedom av olika ordningar av akvatiska evertebrater. Biodiversitet mäts i denna studie för att undersöka om vattenföroreningar som kommer från reningsverk reducerar biodiversiteten hos akvatiska evertebrater. Vissa arter förväntas vara mer känsliga mot föroreningar än andra, vilket innebär att arter kan dö ut medan andra arter överlever. Därmed kan biodiversiteten ändras vid förorenade lokaler. Det är okänt vilka konsekvenser en förändrad biodiversitet kan leda till för ekosystem nära reningsverk. Denna studie är ett steg mot en djupare förståelse för hur reningsverk påverkar akvatisk biodiversitet och ekosystem utifrån ett bredare perspektiv.

Studiens frågeställningar är:

- Hur påverkar vattenföroreningar från reningsverk akvatiska evertebraters biodiversitet?
- Hur påverkar vattenföroreningar från reningsverk akvatiska evertebraters abundans?
- Finns det någon skillnad i biodiversitet och abundans beroende på insamlingsmetod?

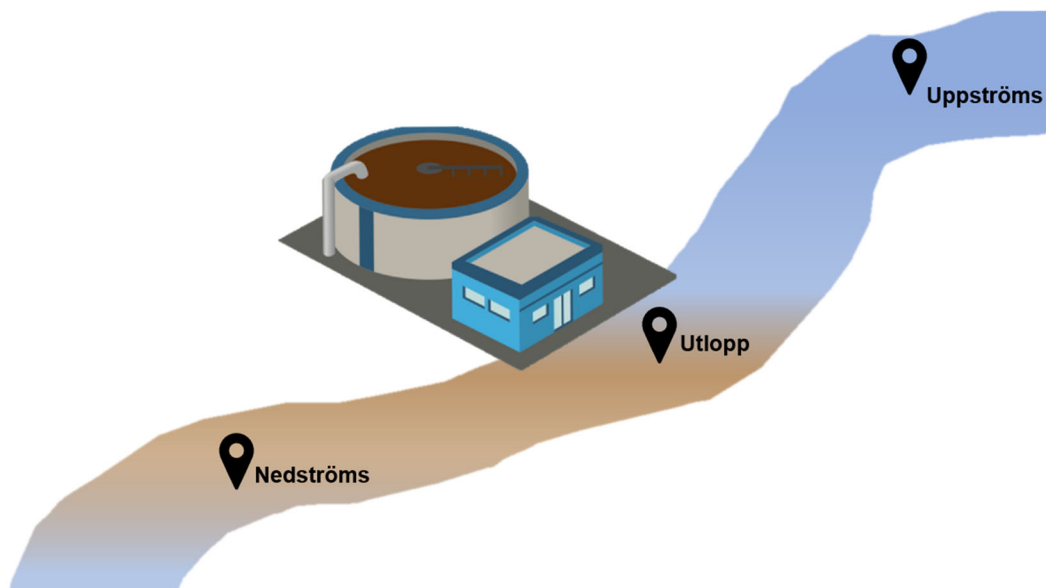
1.3 Avgränsningar

Avgränsningarna för denna studie är relaterade till datainsamling och analys av data. Datainsamlingen för denna studie genomfördes i södra Sverige och det finns därmed inte data som är generaliserbara för hela Sverige. Att endast använda prover från södra Sverige beslutades på grund av att reningsverken i norra Sverige ligger vid mycket större vattendrag vilket påverkar möjligheten för insamling av data samt analys av data. Ytterligare avgränsningar för studien var storleken på projektet. Vid analys av prover avgränsas indelningen av akvatiska evertibrater till ordning och inte specifik familj eller art. När proverna sorterades för analys prioriterades prover med insamlingsmetoden kick-net. Därmed har färre prover med fälla som insamlingsmetod analyserats, vilket var en avgränsning som genomfördes på grund av tidsbrist för studien. Datainsamlingen har även genomförts vid olika reningsverk vilket innebär att ståndorten varierar för de olika lokalerna vilket även kan påverka förutsättningarna för biologisk mångfald.

2. Metod och material

2.1 Material

För studien samlades prover in från vattendrag vid fem olika reningsverk. Vid varje reningsverk samlades tre prover in, ett ovanför reningsverket (uppströms), ett där vattnet kommit direkt från reningsverket (utlopp) samt ett nedanför reningsverket (nedströms), se figur 1. Detta innebär att de prover som togs ovanför reningsverket ska vara opåverkade av föroreningar från reningsverket, medan de prover som togs vid platsen för utfall kommer direkt från reningsverket och de prover som togs nedanför reningsverket har både gått igenom reningsverket och hunnit påverkas av annat längs vägen. För denna studie kommer proverna ovanför reningsverket att kallas uppströms, de nedanför kallas nedströms och de som är vid reningsverket för utlopp.



Figur 1. Illustration av vattendrag längs med reningsverk. Figuren visar vart uppströms, utlopp och nedströms är lokaliserade i förhållande till reningsverket.

2.2 Insamling av data

Insamling av data genomfördes år 2022 då proverna samlades in under juli, augusti, september och oktober. För att samla in data användes två olika metoder, kick-net (Fig. 2A) där substrat fångas upp direkt och specialgjorda fällor (Fig. 2B) som fick ligga i vattnet under en viss tid.



Figur 2. A) Bild på insamlingsmetod med kick-net. B) Bild på insamlingsmetod med specialgjord fälla, där halm och sten använts.

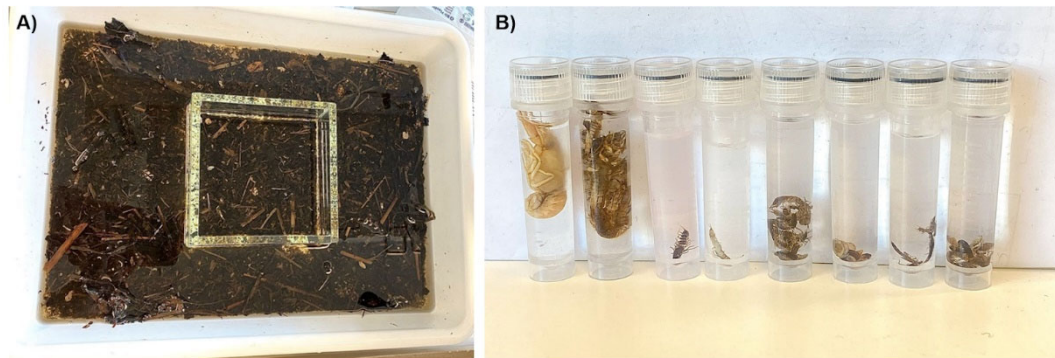
Den ena metoden var att använda specialgjorda fällor som placerades vid utvalda provtagningsplatser. Fällorna bestod av plastkorgar på 1,5 liter som hade ett mått på 19 x 13 x 6,5 cm och fylldes med antingen sten på 16–32 mm eller med halm på 24–40 mm. En av fällorna som placerades ut hade två ihopsatta korgar där den ena var fylld med sten och den andra med halm. Över korgens topp fästes ett plastnät då det förhindrar material att falla ut i vattnet. Vidare förankrades korgarna till strandkanten innan de placerades ut i vattendragen på en meters djup. Substratet hämtades in efter 8 veckor. För inhämtning av proverna användes ett verktyg (kick-net) för att försiktigt skopa upp korgarna från botten. Därefter sköljdes fällorna noggrant med vatten, varpå innehållet samlades upp med hjälp av en sil med maskstorleken 1 mm. Materialet förvarades i kärl med storlek relativ till innehållet med 80 % etanol för att bevara alla organismer intakt.

Den andra metoden genomfördes under samma tillfällen som de utplacerade fällorna hämtades in efter 8 veckor i vattnet, för att kunna jämföra de akvatiska evertebraternas samhällen beroende på insamlingsmetod. Vid den andra metoden samlades material till prover upp genom kick-net, vilket är en mer traditionell metod för insamling av akvatiska evertebrater. Proverna samlades in genom att nätet drogs 5 meter längs botten substratet parallellt med kanten av vattendraget på ungefär 1 meters djup. Vidare sparkade provtagaren med fötterna under tiden för att störa substratet. Därefter överfördes proverna till en sil med maskstorleken 1 mm som noggrant sköljdes med vatten för att avlägsna små partiklar. Det substrat som fångats upp förvarades i kärl med 80 % etanol.

Vid insamling av proverna noterades även lokalernas kringliggande landskap där det genomfördes en bedömning av vegetation, trädslag och mänsklig påverkan (bilaga 2).

2.3 Bearbetning och analys av data

Bearbetning och analys av data har genomförts i laboratorium. I laboratoriet har proverna som förvaras i kärl med etanol sorterats utifrån insamlingsmetod där kicknet-proverna prioriterades.



Figur 3. A) Substrat från en provtagningsplats som hållts ut i en större behållare. Glasrutan i mitten utgör delprovet som ska analyseras. B) Sortering utifrån ordningar av akvatiska evertebrater som fördelats i separata behållare.

De insamlade proverna analyserades genom att hålla ut materialet och fördela det jämnt i en större behållare. Därefter placerades en kubformad ram i glas i mitten av behållaren. Denna ram utgör den del av provet som analyserades (Fig. 3A). Substratet i proverna analyserades med stereolupp. Det första steget vid analys av prov var att separera alla observerade akvatiska evertebrater från substrat och placera dessa i en behållare. Nästa steg var att med hjälp av stereolupp och nyckling (bilaga 1) identifiera och sortera alla akvatiska evertebrater utifrån ordning (bilaga 3) och förvara dessa i en separat behållare för respektive prov (Fig. 3B). Alla akvatiska evertebrater räknades under arbetets gång och noterades i excel.

2.4 Statistiska metoder

För bearbetning av data samt statistiska analyser användes R (version 4.1.2; R Core Team 2022). Det genomfördes tester för att kolla hur abundansen och biodiversiteten inom ordningar av akvatiska evertebrater skiljer sig mellan de olika platserna och typ av insamlingsmetod. För att beräkna abundans och biodiversitet användes Shapiro-Wilks test för att se om studiens data följer en normalfördelningskurva samt Levenes test för att identifiera likheter i variation. Utifrån resultatet från Shapiro-Wilks test och Levenes test uppfylldes de förutsättningar som krävs för antingen ett ANOVA test eller ett Kruskal-Wallis test. Signifikansnivån fastställdes till $\alpha = 0.05$. Kruskal-Wallis användes när studiens data inte var normalfördelad. ANOVA användes när studiens data var

normalfördelad och visar variationen inom och mellan populationer (Körner & Wahlgren 2015).

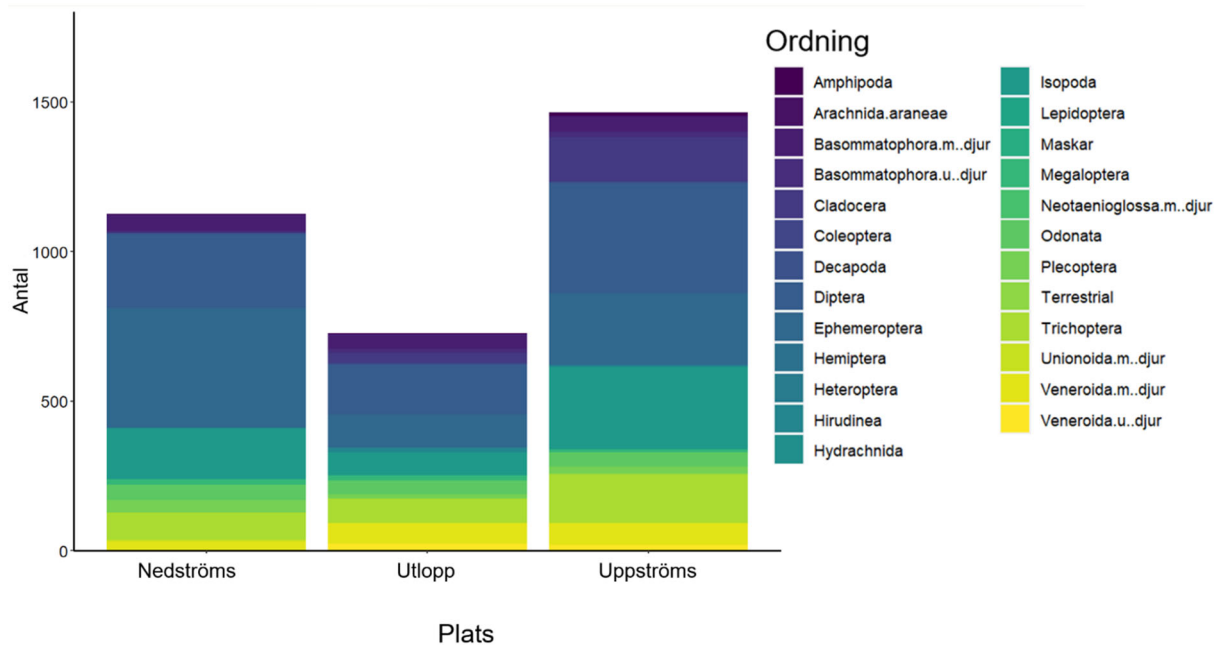
För illustration av resultatet användes stapeldiagram samt lådagram. Ett lådagram, även kallat boxplot, är en typ av grafisk illustration som visar fördelningen av data genom att visa medianvärdet, minsta och största värdet, kvartilerna och eventuella extremvärden (Körner & Wahlgren 2012).

3. Resultat

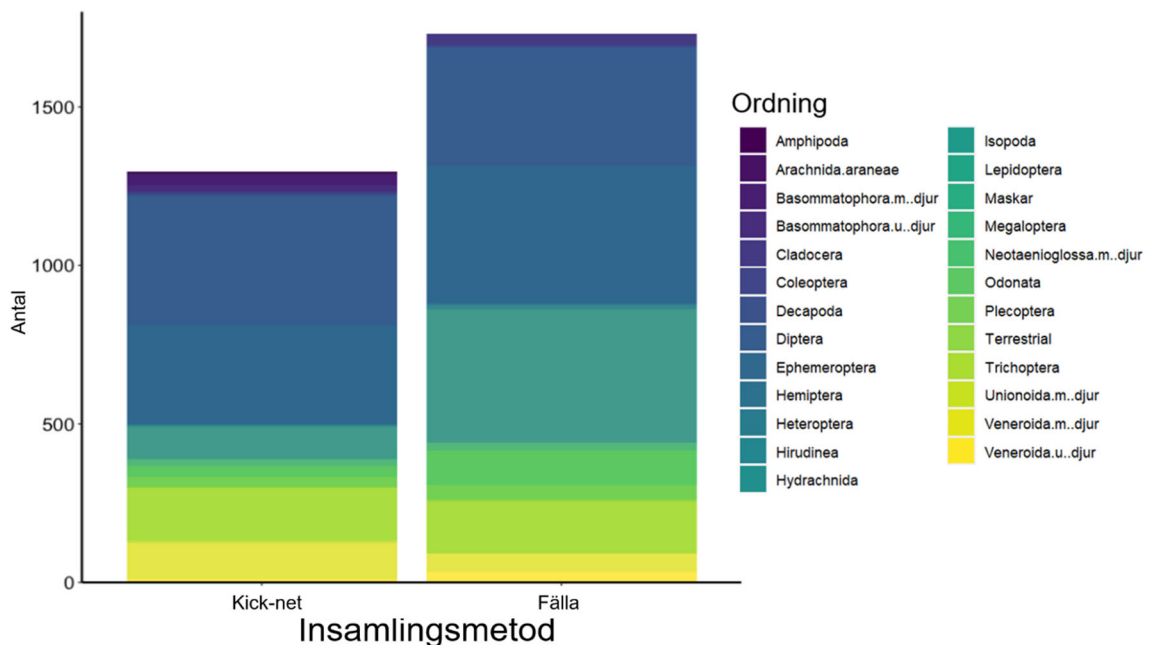
Totalt studerades 45 prover (14 nedströms, 16 uppströms och 15 utlopp), med två olika insamlingsmetoder (30 via kick-net och 15 via fällor). Totalt räknades 3344 organismer där 3311 klassificerades till någon ordning inom akvatiska evertetrater. Se tabell 1.

Tabell 1. Tabell över antal insamlade och klassificerade akvatiska evertetrater utifrån ordning, plats och insamlingsmetod.

Insamlingsmetod	Plats	Amphipoda	Arachnida/araneae	Basommatophora med djur	Basommatophora utan djur	Cladocera
1 Kick-net	Nedströms	0	1	8	2	0
2 Kick-net	Utlopp	4	0	17	9	2
3 Kick-net	Uppströms	0	3	10	7	4
4 Fälla	Nedströms	0	2	45	4	1
5 Fälla	Utlopp	0	0	33	4	30
6 Fälla	Uppströms	11	2	38	12	144
Insamlingsmetod	Plats	Coleoptera	Decapoda	Diptera	Ephemeroptera	Hemiptera
1 Kick-net	Nedströms	1	2	123	161	1
2 Kick-net	Utlopp	2	1	86	90	0
3 Kick-net	Uppströms	1	1	200	61	2
4 Fälla	Nedströms	1	0	125	237	0
5 Fälla	Utlopp	3	0	80	21	1
6 Fälla	Uppströms	2	2	168	176	3
Insamlingsmetod	Plats	Heteroptera	Hirudinea	Hydrachnida	Isopoda	Lepidoptera
1 Kick-net	Nedströms	0	1	0	35	0
2 Kick-net	Utlopp	0	1	0	35	1
3 Kick-net	Uppströms	0	2	1	31	0
4 Fälla	Nedströms	1	0	0	134	0
5 Fälla	Utlopp	1	13	0	41	1
6 Fälla	Uppströms	0	0	1	244	0
Insamlingsmetod	Plats	Maskar	Megaloptera	Neotaenioglossa med djur	Odonata	Plecoptera
1 Kick-net	Nedströms	2	9	0	12	14
2 Kick-net	Utlopp	1	4	1	14	9
3 Kick-net	Uppströms	0	5	1	8	8
4 Fälla	Nedströms	0	9	0	39	27
5 Fälla	Utlopp	0	11	0	32	4
6 Fälla	Uppströms	1	4	0	39	15
Insamlingsmetod	Plats	Marklevande	Trichoptera	Unionoidea med djur	Veneroidea med djur	Veneroidea utan djur
1 Kick-net	Nedströms	0	26	5	15	1
2 Kick-net	Utlopp	2	55	2	52	6
3 Kick-net	Uppströms	0	86	1	47	3
4 Fälla	Nedströms	1	65	0	15	0
5 Fälla	Utlopp	0	24	0	17	17
6 Fälla	Uppströms	3	76	0	25	17

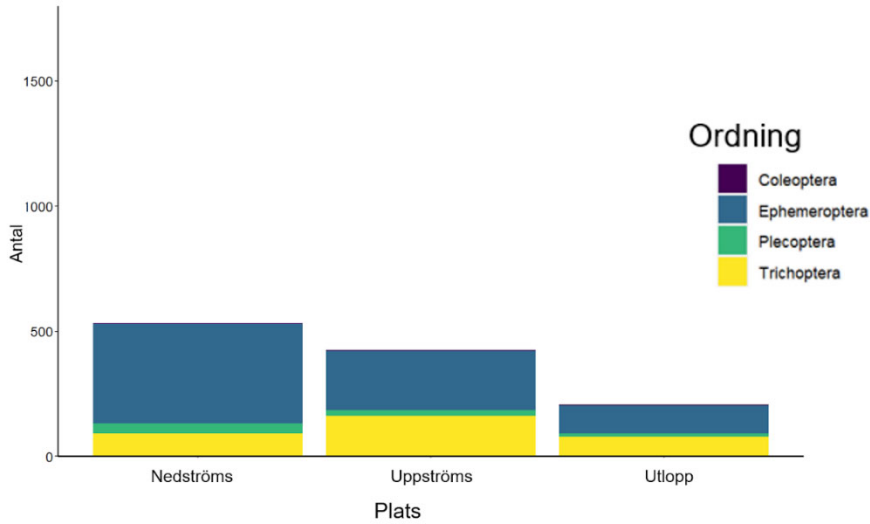


Figur 4. På x-axeln visas plats och på y-axeln visas antal akvatiska evertebrater. Diagrammet visar antal organismer inom respektive ordning av de akvatiska evertebrater som observerats utifrån plats, det vill säga nedströms, utlopp och uppströms. De akvatiska evertebraterna som observerats är listade till höger om diagrammet.



Figur 5. På x-axeln visas insamlingsmetod och på y-axeln visas antal akvatiska evertebrater. Diagrammet visar antal organismer inom respektive ordning av de akvatiska evertebrater som observerats utifrån insamlingsmetod. De akvatiska evertebraterna som observerats är listade till höger om diagrammet.

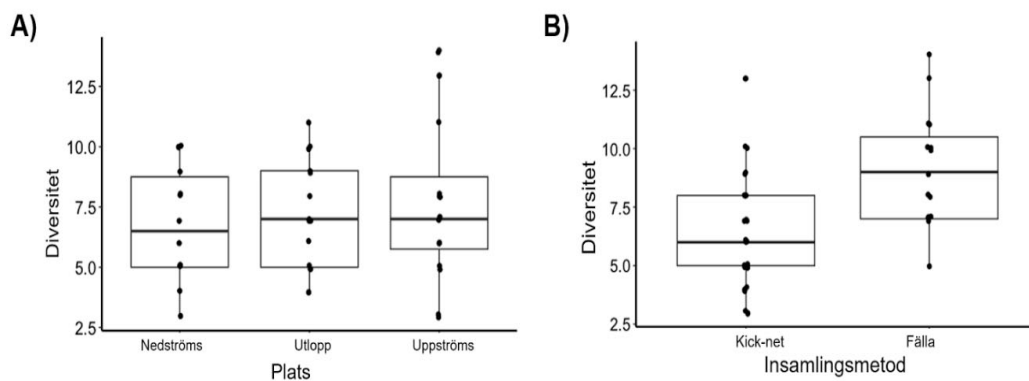
Sammanfattningsvis visar summeringen att antalet akvatiska evertebrater är något högre uppströms och lägst vid utloppsplatsen (Fig. 4), samt att fällor som insamlingsmetod visar en större förekomst av organismer (Fig. 5).



Figur 6. Illustration av EPT + C (E = Ephemeroptera, P = Plecoptera, T = Trichoptera, C = Coleoptera) och dess variation beroende på plats.

Figur 6 visar att det finns en skillnad i förekomsten av EPT + C beroende på plats. Dock var denna skillnad inte signifikant (Kruskal-Wallis, $X^2 = 0.5217$, $df = 2$, $p = 0.7704$).

3.1 Diversitet



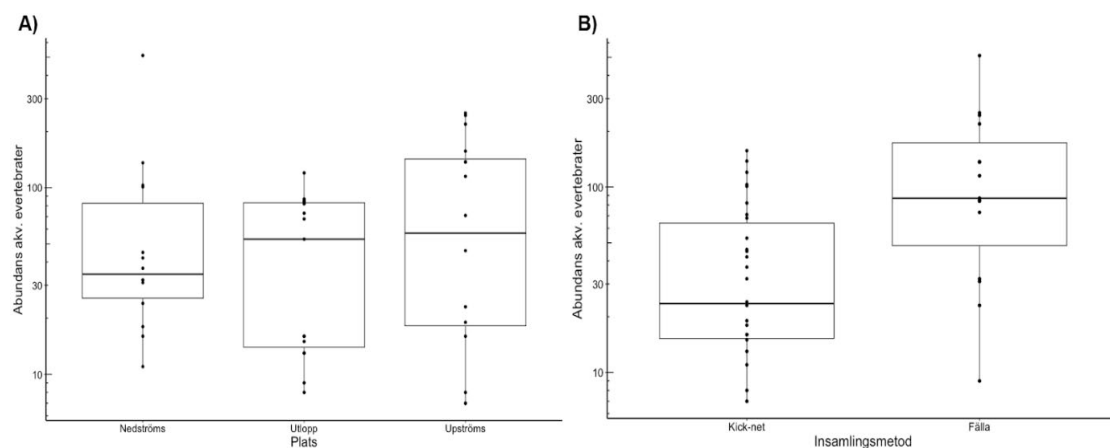
Figur 7. A) Lådagram som visar diversiteten av ordningar inom akvatiska evertebrater utifrån plats. B) Lådagram som visar diversiteten av ordningar inom akvatiska evertebrater utifrån insamlingsmetod.

Det finns ingen signifikant skillnad för mångfalden av ordningar av akvatiska evertebrater beroende på plats (ANOVA, $F_{(2,24)} = 0.4722$, $p = 0.6269$). Däremot

visar resultatet att det finns en observerad skillnad, där diversiteten är högst uppströms.

Resultatet visar att det finns en signifikant skillnad för mångfalden av ordningar inom akvatiska evertebrater och insamlingsmetod (ANOVA, $F_{(1,43)} = 13.917$, $p = 0.000555$). Diversiteten är högre för fällor som insamlingsmetod än kick-net.

3.2 Abundans



Figur 8. A) Lådagram som visar abundansen av akvatiska evertebrater utifrån plats. B) Lådagram som visar abundansen av akvatiska evertebrater utifrån insamlingsmetod.

Det finns ingen signifikant skillnad för abundans av akvatiska evertebrater beroende på plats (Kruskal-Wallis, $X^2 = 1.266$, $df = 2$, $p = 0.531$). Dock finns en observerad variation i abundansen beroende på plats, där medianvärdet för abundansen är något högre uppströms.

Det finns en signifikant skillnad för abundansen av akvatiska evertebrater och insamlingsmetod (Kruskal-Wallis, $X^2 = 9.507$, $df = 1$, $p = 0.00205$). Resultatet visar att antalet akvatiska evertebrater är högre vid insamling via fällor än vid kick-net.

4. Diskussion

4.1 Hur påverkar vattenföroreningar från reningsverk biodiversitet och abundans av akvatiska evertebrater?

Studien syftar till att undersöka om vattenföroreningar påverkar biologisk mångfald och abundans för akvatiska evertebrater. Resultatet för denna studie visar att det finns en observerad skillnad när det kommer till biologisk mångfald av akvatiska evertebrater och vattenföroreningar. Det visas genom att det är högre biodiversitet uppströms med reningsverket än vid utlopp och nedströms. Denna skillnad var dock inte signifikant. Arter inom EPT och C är känsliga mot föroreningar i vattnet och används vanligen som indikatorer för vatten- och habitatkvalitet (Hodkinson & Jackson 2005; Wang et al. 2022). Resultatet för denna studie visade att de ordningar som vanligen används som bioindikatorer för vattenföroreningar är mindre förekommande vid utlopp och nedströms med reningsverket än uppströms. Dock var även denna skillnad inte statistiskt signifikant. Den observerade minskningen för EPT och C vid utlopp och nedströms indikerar att vattenkvaliteten möjligen är sämre vid dessa platser. Detta styrks av Mor et al. (2019) som menar att viss känslig taxa försvinner nedströms medan annan, mer tolerant taxa ökar och får mindre konkurrens. Därmed ökar abundansen hos akvatiska evertebrater nedströms, vilket är ett resultat som flera studier observerat (Mor et al. 2019; Aristone et al. 2022). Förändringar i vattnets kemiska sammansättning kan påverka vilka organismer som överlever (Aristone et al. 2022). I denna studie har det inte genomförts någon analys av vattnets kemiska sammansättning. Det behövs mer forskning och mer data för att studera hur vattenkvaliteten påverkar abundans och biologisk mångfald hos akvatiska evertebrater.

Resultatet visade ingen signifikant skillnad för mångfalden av ordningar inom akvatiska evertebrater uppströms, nedströms och utlopp, vilket uppskattningsvis kan ge en indikation på att Sveriges reningsverk är välutvecklade och avancerade. En förklaring kan vara att reningsverket har effektiva processer innan vattnet släpps ut i vattendrag, samt att det i dagsläget hanteras globalt som en miljöfråga (Åkerblom et al. 2020). Liknande studier har visat signifikanta resultat där abundans hos akvatiska evertebrater ökar nedströms (Mor et al. 2019; Aristone et al. 2022). Att resultatet för denna studie inte är signifikant gällande abundansen kan bero på att kvalitén och hanteringen kring vattenrening varierar mellan olika länder och olika reningsverk (Hamdhani et al. 2020) och att skillnaden därmed inte var lika stor för denna studie. Den observerade skillnaden i resultatet indikerar att vattenkvaliteten möjligen är sämre vid utlopp och nedströms än uppströms eftersom

biodiversiteten minskat för dessa platser. Därmed kan arter som inte är lika känsliga mot föroreningar öka nedströms vilket leder till högre abundans (Mor et al. 2019; Aristone et al. 2022). För denna studie har det observerats ett något högre medianvärde för abundans uppströms än nedströms och utlopp. Resultatet skiljer sig från tidigare studier där abundansen av akvatiska evertetrater är högre nedströms (Mor et al. 2019; Aristone et al. 2022). Enligt Mor et al. (2019) är det ett komplext system där många olika faktorer kan påverka abundans, vilket innebär att det behöver studeras ur ett bredare perspektiv än att endast studera vattenföroreningarna och dess påverkan i sig. Det är även viktigt att belysa att resultatet gällande abundans och plats inte var signifikant för denna studie, samt att mer data och mer forskning hade kunnat bidra till information om hur vattenföroreningar påverkar dessa samhällen mer specifikt.

Det finns andra faktorer som påverkar både förekomst och diversitet hos akvatiska evertetrater. Bland annat påverkas biologisk mångfald av omkringliggande vegetation, klimat, bottensubstrat och storlek på vattendrag samt andra störningar som skogsbruk och jordbruk (Wipfli et al. 2007; Baillie 2010; Miserendino et al. 2011; Collier et al. 2016; Mor et al. 2019). För denna studie samlades prover in från olika ställen i södra Sverige. Dessa platser var olika påverkade av mänsklig aktivitet samt har olika vegetation och miljö, vilket kan ha betydelse för den biologiska mångfalden (Miserendino et al. 2011). Då land och vatten i skogen är nära anslutet till varandra medför det att föroreningar har flera ingångskällor för att hamna i sötvattnecosystem och kan lättare transporteras nedströms (Collier et al. 2016). Dessutom kan vattnets egenskaper och struktur förändras, vilket även det leder till att känslig taxa minskar och andra ordningar ökar (Baillie et al. 2010). Dessa faktorer kan möjligtvis ha en större påverkan på biologisk mångfald och abundans av akvatiska evertetrater än vattenföroreningar i sig, vilket även kan påverka resultatet för denna studie. Det är svårt att genomföra dessa typer av studier på platser som uppfyller exakt samma förutsättningar, vilket leder till att resultatet blir något svårare att generalisera och jämföra med andra studier. Dock har det samlats in stora prover från dessa platser, vilket ger en väldigt bred mängd data. All denna data har inte kunnat analyseras i denna studie på grund av tidsbrist, vilket därmed gör det svårt att avgöra hur stor påverkan de yttre faktorerna haft på resultatet.

De olika proverna samlades in vid olika tillfällen och årstider, vilket kan påverka biodiversiteten och abundansen (Aristone et al. 2022). För denna studie samlades prover in under sommar och höst. Studiens val av metod kan komma att påverka resultatet annorlunda om prover tas under alla årstider och studeras med detta i åtanke. Syftet med denna studie tar inte hänsyn till årstid, vilket kan påverka tolkningen av resultatet. Kunskapen kring akvatiska evertetrater är idag bristfällig och livsmiljön de lever i vanligtvis inte inkluderad i studier och forskning.

Dessutom genomförs de flesta studier under vår och höst vilket gör att kunskapsbristen kring habitat och samhällsstruktur i sötvattensystemen under sommaren är stor (Bjelke 2010). Detta medför att proverna som är inhämtade under sommaren för denna studie kan vara svår att jämföra med tidigare kunskap, detta i jämförelse med de prover som istället är inhämtade under hösten. De olika årstiderna kan därför ge olika resultat utifrån den kunskap som är tillgänglig, samt att mängden data för denna studie var otillräcklig gällande årstider. Detta beror till stor del på att tiden för analys av prover var begränsad och det därmed inte fanns tillräckligt med data för att genomföra statistiska tester för hur diversitet och abundans av akvatiska evertebrater skiljer sig mellan de olika årstiderna. Mer tid för analys av prover hade kunnat möjliggöra analys av skillnader mellan årstider och gett ett bredare perspektiv på diversitet och abundans.

Sverige har idag välutvecklade reningsverk. Dock finns det framtida utmaningar kring klimatet och efterfrågan på rent vatten, samt hanteringen av jordbruk och skogsbruk. Landskapets resurser är efterfrågade på många håll och redan idag har flera områden med höga värden för biologisk mångfald utsatts för påfrestningar då dessa lokaler inte är skyddade (Bjelke 2010). Tillgången på vatten samt vattenkvalitén kan förändras i framtiden då klimatet skapar problem som exempelvis kraftigare nederbörd, högre temperaturer och mer torka (SvensktVatten 2021). Reningsverken kan i och med detta ha svårt att anpassa sig till de nya utmaningarna då klimatet förändras. Det kan därför skapa problem i samhället vilket i sin tur även kan påverka de akvatiska evertebraternas livsmiljöer.

Vid analys av data genomfördes en nyckling där akvatiska evertebrater klassificerades utifrån ordning och inte mer specifikt, exempelvis familj eller art. Detta kan ha påverkat framförallt biodiversiteten då det med största sannolikhet hade resulterat i en högre biodiversitet om klassificeringen av akvatiska evertebrater genomförts på ett djupare plan. En mer detaljerad nyckling vid analys där studien istället syftar till att undersöka hur vattenföroreningar påverkar akvatiska evertebrater på exempelvis art- eller familjenivå skulle kunna bidra till viktig information gällande hur det skiljer sig mellan olika platser. Detta är något som är viktigt inför framtida utmaningar med bland annat pågående klimatförändringar och det behövs mer forskning inom området.

4.2 Finns det någon skillnad i biodiversitet och abundans beroende på insamlingsmetod?

Resultatet visar att det finns en signifikant skillnad för mångfalden av ordningar inom akvatiska evertebrater och insamlingsmetod. Metoden med specialgjorda fällor visar på en högre abundans och högre biodiversitet i jämförelse med metoden där kick-net används. Resultatet kan bero på att fällorna legat i vattnet under en längre tid eller att färre fällor studerats i denna studie än kick-net. Fällorna samlades in utan störning av de akvatiska evertebraternas samhällen medan kick-net innebär att det sparkas runt i substratet och dras längs med botten av vattendraget medan det samlas in. Dock är insamlingsmetoden med fällor nyare och inte lika välstuderad. Kick-net är en mer traditionellt använd metod.

Metodens kvalitet kan ha påverkats utifrån skillnaden i antalet prover observerade från specialgjorda fällor och kick-net, då det analyserades 30 prover från kick-net och endast 15 prover från fällorna. Resultatet kan ha påverkats av denna fördelning eftersom de platser som inte analyserades med fällor kan ha innehållit fler eller färre akvatiska evertebrater. Detta vägdes in i kick-net men inte i fällornas resultat. Det var även en signifikant skillnad mellan de två olika insamlingsmetoderna, där fällor hade en högre biodiversitet och högre abundans av akvatiska evertebrater än kick-net. Innehållet i de specialgjorda fällorna kan kontrolleras vilket gör att samma innehåll kan användas till alla fällor och kan därför jämföras bättre mellan de olika platserna och mellan olika substrat. Till skillnad från kick-net där substratet kan variera beroende på provplats. Detta kan påverka vilka typer av akvatiska evertebrater som samlas upp och hur många av varje ordning som inkluderas i proven. Därmed kan valet av att använda två olika metoder för insamling påverka resultatet i jämförelse med om studien enbart använt en typ av metod. Att studien jämför två olika metoder samt att det har valts att väga in resultat från båda metoderna kan dock ses som positivt för studiens resultat eftersom mer data vägs in från olika typer av akvatiska samhällen för samma platser. Detta gör att studien får ett bredare perspektiv när det kommer till hur vattenföroreningar påverkar biologisk mångfald och abundans hos akvatiska evertebrater.

5. Slutsatser

Akvatiska evertebrater kan användas som bioindikatorer för att mäta vatten- och habitatkvalitet och därmed studera vattenföroreningar i landskapet. För denna studie observerades en skillnad i både biodiversitet när det kommer till ordningar av akvatiska evertebrater och abundansen av dessa. Resultaten för biodiversitet och abundans gällande plats var inte statistiskt signifikant i denna studie. Däremot visade resultatet att val av insamlingsmetod har en signifikant skillnad gällande både biodiversitet och abundans. Metoden med specialgjorda fällor gav högre biodiversitet och abundans än kick-net. Det behövs mer forskning kring sötvattenssystemet där akvatiska evertebrater studeras på en mer detaljerad nivå. Det kan skapa en djupare förståelse för hur vattenföroreningar påverkar biologisk mångfald och abundans i landskap med olika förutsättningar och utmaningar.

Referenser

- Albert, J.S., Destouni, G., Duke-Sylvester, S.M., Magurran, A.E., Oberdorff, T., Reis, R.E., Winemiller, K.O. & Ripple, W.J. (2021). Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis. *Ambio*, 50 (1), 85–94.
<https://doi.org/10.1007/s13280-020-01318-8>
- Aristone, C., Mehdi, H., Hamilton, J., Bowen, K. L., Currie, W. J., Kidd, K. A., & Balshine, S. (2022). Impacts of wastewater treatment plants on benthic macroinvertebrate communities in summer and winter. *Science of The Total Environment*, 820, 153224. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153224>
- Baillie, B.R., Collier, K.J. & Nagels, J. (2005). Effects of forest harvesting and woody debris removal on two Northland streams, New Zealand. *New Zealand journal of marine and freshwater research*, 39 (1), 1–15. c [2023-03-24]
- Baltic Sea Centre (2021). *Call for better management of micropollutants in wastewater*. [Broschyr]. Stockholm: Stockholms Universitet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1606826/FULLTEXT01.pdf> [2023-03-30]
- Bartels, P. (2011). Ecology across Boundaries: Food web coupling among and within ecosystems. Diss. Uppsala universitet. Uppsala. <http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:453147/FULLTEXT01.pdf>
- Benstead, J.P. & Pringle, C.M. (2004). Deforestation alters the resource base and biomass of endemic stream insects in eastern Madagascar. *Freshwater biology*, 49 (4), 490–501. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2004.01203.x>
- Bjelke, U. (2010). Analys av rödlistade sötvattensarter. (ArtDatabanken rapporterar 6). Uppsala: ArtDatabanken SLU.
https://www.artdatabanken.se/globalassets/ew/subw/artd/2.-var-verksamhet/publikationer/5.-analys-av-rodlistade-sotvattensarter/rapport_analysavsotvattensarter.pdf
- Chaguaceda, F. (2020) Bottom-up and top-down regulation of heterogeneous lake food webs. Diss. Uppsala universitet. Uppsala. <http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1393580/FULLTEXT01.pdf>
- Comber, S., Gardner, M., Sörme, P., Leverett, D. & Ellor, B. (2018). Active pharmaceutical ingredients entering the aquatic environment from wastewater treatment works: A cause for concern? *The Science of the total environment*, 613–614, 538–547. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.101>
- Collier, K.J., Probert, P.K. & Jeffries, M. (2016). Conservation of aquatic invertebrates: concerns, challenges and conundrums. *Aquatic conservation*, 26 (5), 817–837.
<https://doi.org/10.1002/aqc.2710>

- De Moor, F.C. & Ivanov, V.D. (2008). Global diversity of caddisflies (Trichoptera: Insecta) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595 (1), 393–407.
<https://doi.org/10.1007/s10750-007-9113-2>
- Englert, D., Zubrod, J. P., Schulz, R., & Bundschuh, M. (2013). Effects of municipal wastewater on aquatic ecosystem structure and function in the receiving stream. *Science of the Total Environment*, 454, 401–410.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.03.025>
- Goetz, S., Fiske, G.J. (2013). On the Relationship Between Stream Biotic Diversity and Exurbanization in the Northeastern USA. In: Lawrence, P. (eds) Geospatial Tools for Urban Water Resources. *Geotechnologies and the Environment*, vol 7. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4734-0_4
- Hamdhani, H., Eppehimer, D. E., & Bogan, M. T. (2020). Release of treated effluent into streams: A global review of ecological impacts with a consideration of its potential use for environmental flows. *Freshwater Biology*, 65(9), 1657–1670.
<https://doi.org/10.1111/fwb.13519>
- Havs- och vattenmyndigheten. (2016). Mjukbottenlevande makrofauna, trend och områdesövervakning. <https://www.havochvatten.se/vagledning-foreskrifter-och-lagar/vagledning/ovriga-vagledningar/undersokningstyper-for-miljoovervakning/undersokningstyper/mjukbottenlevande-makrofauna-trend--och-omradesovervakning.html> [2023-03-30].
- Havs- och vattenmyndigheten. (2022). Vattnets kemiska egenskaper (syre och pH). <https://www.havochvatten.se/overvakning-och-uppfoljning/miljoovervakning/marin-miljoovervakning/vattnets-kemiska-egenskaper-syre-och-ph.html> [2023-03-20].
- Hodkinson, I.D. & Jackson, J.K. (2005). Terrestrial and aquatic invertebrates as bioindicators for environmental monitoring, with particular reference to mountain ecosystems. *Environmental management (New York)*, 35 (5), 649–666.
<https://doi.org/10.1007/s00267-004-0211-x>
- Iliopoulou-Georgudaki, J., Kantzaris, V., Katharios, P., Kaspiris, P., Georgiadis, T. & Montesantou, B. (2003). An application of different bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece). *Ecological indicators*, 2 (4), 345–360. [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(03\)00004-9](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(03)00004-9)
- Klimatanpassning.se (2020). Vatten och avlopp. <https://www.klimatanpassning.se/hur-samhallet-paverkas/vatten-och-avlopp/vatten-avlopp-1.22569> [2023-03-29].
- Körner, S. & Wahlgren, L. (2015). *Praktisk statistik*. Fjärde uppl., Lund: Studentlitteratur.
- Lundqvist, A. (2011). Bioavailability of Pesticides to Benthic Invertebrates: The Role of Aquatic Biofilms and Humic Substances. Diss. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala. https://pub.epsilon.slu.se/8141/1/lundqvist_a_110518.pdf
- Macadam, C.R. & Stockan, J.A. (2015). More than just fish food: ecosystem services provided by freshwater insects. *Ecological entomology*, 40 (S1), 113–123.
<https://doi.org/10.1111/een.12245>

- Magurran, A.E. (2021). Measuring biological diversity. *Current biology*, 31 (19), R1174–R1177. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.07.049>
- Miserendino, M.L., Casaux, R., Archangelsky, M., Di Prinzio, C.Y., Brand, C. & Kutschker, A.M. (2011). Assessing land-use effects on water quality, in-stream habitat, riparian ecosystems and biodiversity in Patagonian northwest streams. *The Science of the total environment*, 409 (3), 612–624. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.10.034> [2023-03-24]
- Mor, J. R., Dolédec, S., Acuña, V., Sabater, S., & Muñoz, I. (2019). Invertebrate community responses to urban wastewater effluent pollution under different hydro-morphological conditions. *Environmental pollution*, 252, 483–492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.114>
- Naturvårdsverket (u.å.). Rening vid avloppsreningsverk. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avlopp/rening-vid-avloppsreningsverk/> [2023-03-31]
- Niklasson, M. & Nilsson, S.G. (2005). Skogsdynamik och arters bevarande: bevarandebiologi, skogshistoria, skogsekologi och deras tillämpning i Sydsveriges landskap. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Nilsson, S., Niklasson, M., Hedin, J., Eliasson, P. & Ljungberg, H. (2005). Biodiversity and sustainable forestry in changing landscapes--principles and southern Sweden as an example. *Journal of sustainable forestry*, 21 (2-3), 11–43. https://doi.org/10.1300/J091v21n02_02
- Previšić, A., Vilenica, M., Vučković, N., Petrović, M., & Rožman, M. (2021). Aquatic insects transfer pharmaceuticals and endocrine disruptors from aquatic to terrestrial ecosystems. *Environmental science & technology*, 55(6), 3736-3746. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c07609>
- Relyea, R. & Hoverman, J. (2006). Assessing the ecology in ecotoxicology: a review and synthesis in freshwater systems. *Ecology letters*, 9 (10), 1157–1171. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00966.x>
- Saaristo, M., Brodin, T., Balshine, S., Bertram, M.G., Brooks, B.W., Ehlman, S.M., McCallum, E.S., Sih, A., Sundin, J., Wong, B.B.M. & Arnold, K.E. (2018). Direct and indirect effects of chemical contaminants on the behaviour, ecology and evolution of wildlife. *Proceedings of the Royal Society. B, Biological sciences*, 285 (1885), 20181297–. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1297>
- R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
- SFS (1979:429). Skogsvårdslag.
- SLU Artdatabanken. (2020). Tillstånd och trender för arter och deras livsmiljöer – rödlistade arter i Sverige 2020. <https://www.artdatabanken.se/globalassets/ew/subw/artd/2.-var-verksamhet/publikationer/32.-tillstand-och-trender-2020/tillstand-trender.pdf>. [2023-03-27].
- SLU Artdatabanken. (2023a). Limniska Evertebrater.

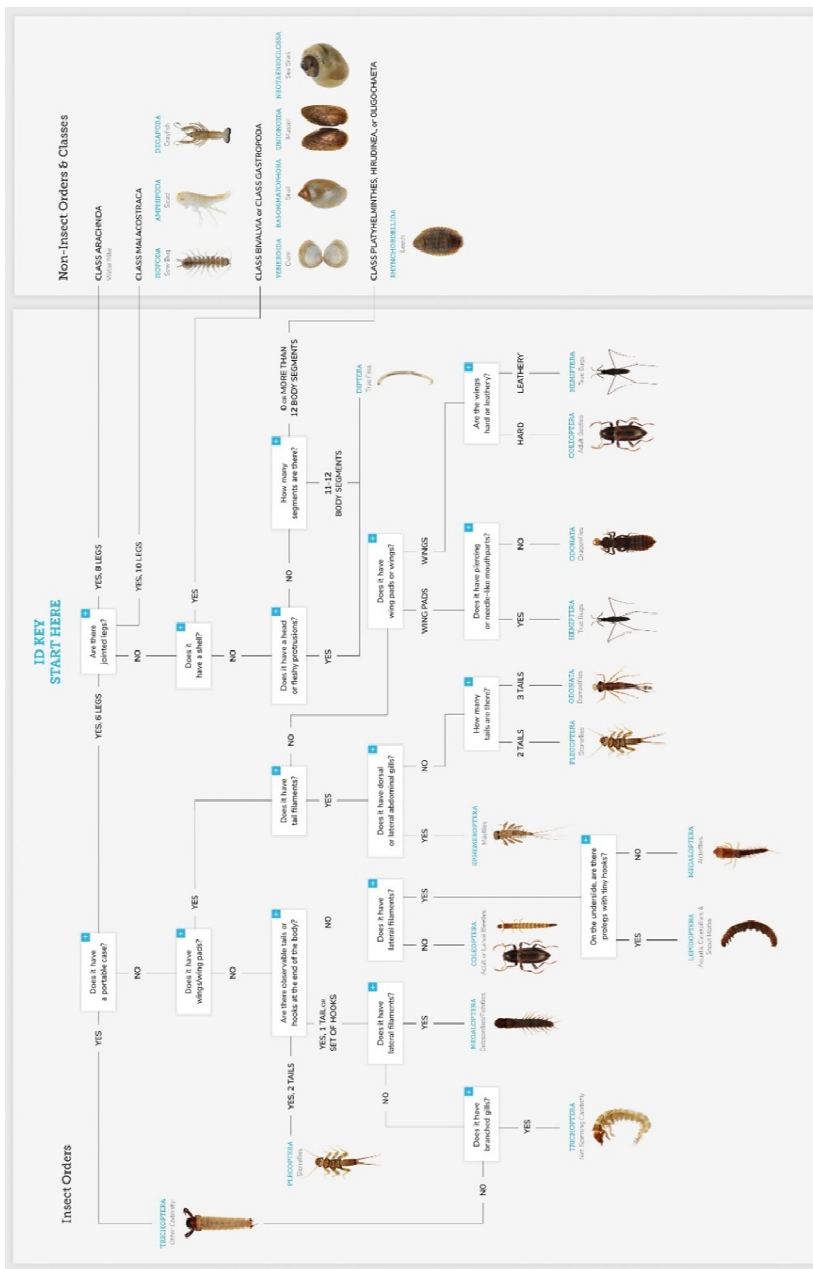
- <https://www.artdatabanken.se/arter-och-natur/organismgrupper/limniska-evertebrater/> [2023-03-28].
- SLU Artdatabanken. (2023b). Marina evertebrater.
<https://www.artdatabanken.se/arter-och-natur/organismgrupper/marina-evertebrater/> [2023-03-27].
- SvensktVatten (2021). Vattenutmaningar.
<https://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/vattenutmaningar/> [2023-03-29].
- Wang, Y., Li, B., Zhu, J., Feng, Q., Liu, W., He, Y. & Wang, X. (2022). Assessment of heavy metals in surface water, sediment and macrozoobenthos in inland rivers: a case study of the Heihe River, Northwest China. *Environmental science and pollution research international*, 29 (23), 35253–35268.
<https://doi.org/10.1007/s11356-022-18663-8>
- Wipfli, M.S., Richardson, J.S. & Naiman, R.J. (2007). Ecological Linkages Between Headwaters and Downstream Ecosystems: Transport of Organic Matter, Invertebrates, and Wood Down Headwater Channels. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 43, 72-85.
<https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2007.00007.x>
- Åkerblom, A., Lüdtke, M., Lans, N., Linderholm, L., Johansson, E., Lundin Unger, M., ... & Åkerblom, S. (2020). Wastewater treatment in Sweden 2018.
<https://www.naturvardsverket.se/om-oss/publikationer/8800/wastewater-treatment-in-sweden-2018> [2023-02-23].

Tack

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Erin McCallum för all vägledning, hjälp och stöd under arbetets gång. Vi vill även tacka Jörgen Wiklund för stöttning i laboratoriet. Slutligen vill vi passa på att tacka Annika Holmgren för hjälp med klassificeringen och för intressanta och lärorika samtal om akvatiska evertebrater inom de specifika ordningarna.

Bilaga 1

Ett beslutsträd som används för nyckling av ordningar inom akvatiska evertebrater. Material finns tillgängligt på www.macroinvertebrates.org.



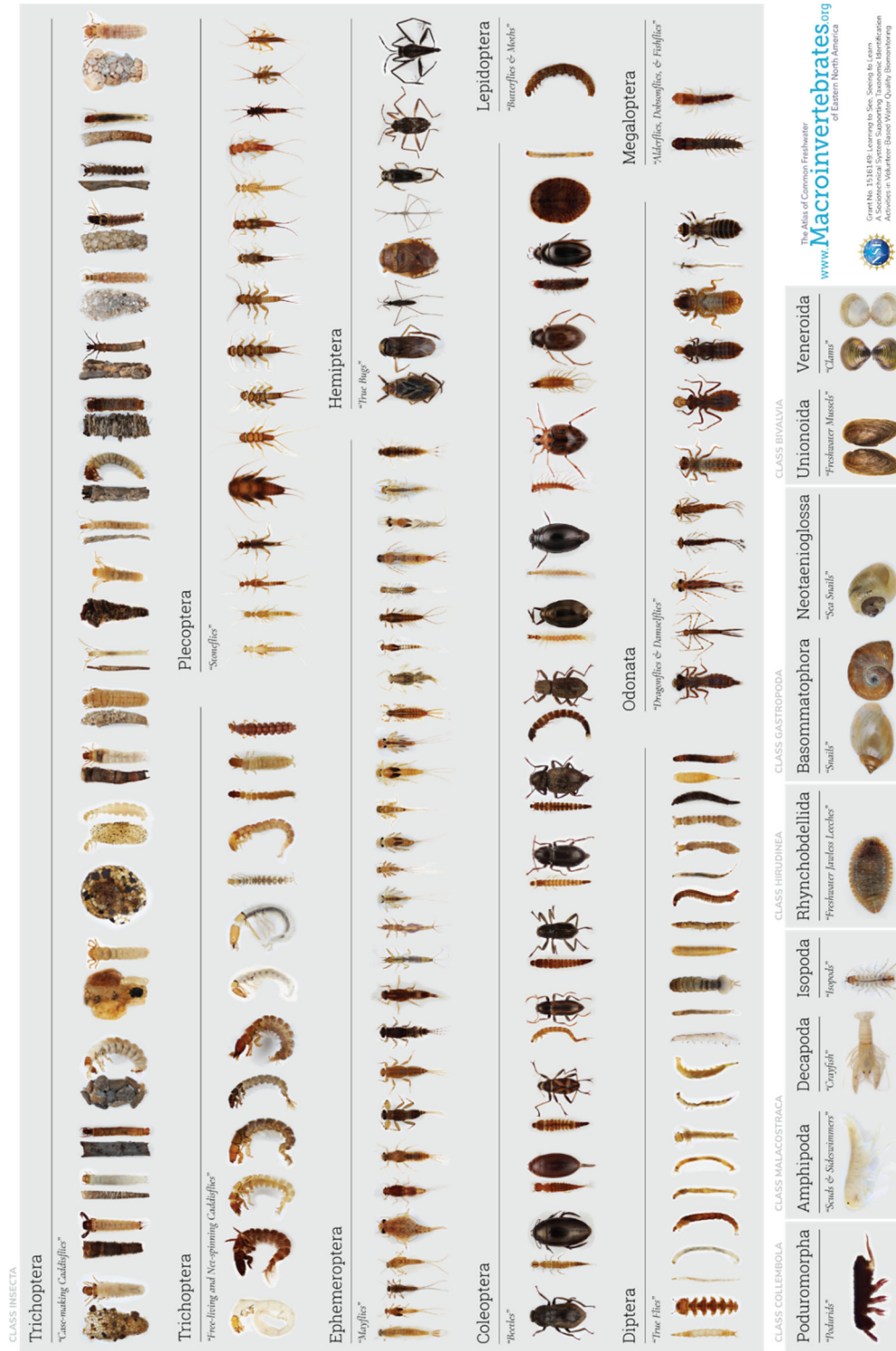
Bilaga 2

Extra data som beskriver de lokaler där proverna samlats in. Data tillhandahölls av E. McCallum och har ännu inte publicerats.

Koordinater (latitud,longitud)	Geografiskt läge	Plats	Datum/årstid	Trädskikt/buskstikt (inom 5 meter från vattendragets kant)	Fällskikt/bottensskikt (inom 5 meter från vattendragets kant)	Område (inom 0-30 meter från vattendragets kant)	Övrig info
57.415575236597,14.1066694467746	Skillingaryd	Utlöpp	Sommar & Höst	Barr/Löv (Blandskog)	Gräsdominerat	Konstgjord våtmark, Skog	Gammal brygga, ca 200 meter till E4
57.4082308241062,14.1029690629253	Skillingaryd	Nedströms	Sommar & Höst	Barr/Löv (Blandskog)	Gräsdominerat	Konstgjord våtmark, Skog	Ca 200 meter till E4
57.42440660276,14.1056896455128	Skillingaryd	Uppströms	Sommar & Höst	Lövskog	Gräs och annan vegetation.	Konstgjord våtmark, Skog. Ång på andra sidan vattenkant.	Ca 40 meter till E4. Gammal björk.
56.8195563465788,13.9283542805629	Ljungby	Utlöpp	Sommar & Höst	Lövskog	Gräsdominerat	Ång/bete. Konstgjord mark mellan sommar- och höstprov.	Avverkat skog
56.8084673710389,13.9167298152045	Ljungby	Nedströms	Sommar & Höst	Lövskog	Gräs och annan vegetation.	Konstgjord mark. Gångväg.	
56.826197869062,13.9341988865251	Ljungby	Uppströms	Sommar & Höst	Lövskog	Planerat gräs.	Brygga med båt. Konstgjord mark med gräs.	Väg och lokaler/begyggelse i närheten.
59.3978270070152,15.8743550100486	Arboga	Utlöpp	Sommar & Höst	Lövskog	Gräsdominerat	Akermark. Väg och industri i närheten. Skog nyligen avverkat.	
59.4027865257951,15.92221620462067	Arboga	Nedströms	Sommar & Höst	-	Gräsdominerat	Ångsmark. Fåtal träd	Slussar intill provplats.
59.3978270095895,15.8743550235273	Arboga	Uppströms	Sommar & Höst	Lövskog	Planerat gräs.	Gångväg och väg. Industriområde inom 10 meter.	Ca 160 meter till järnväg.
58.3339472369475,15.1444519332611	Mjölby	Utlöpp	Sommar & Höst	Lövskog	Gräs och annan vegetation.	Bete. Ko och häst.	Ca 200 meter till järnväg. Högt vattenflöde.
58.3341901258436,15.1450819582828	Mjölby	Nedströms	Sommar & Höst	Lövskog inkl. buskar	Gräs och annan vegetation.	Skog. Ca 10 meter till järnväg. Bro + gångväg.	
58.3339472369475,15.1444519332611	Mjölby	Uppströms	Sommar & Höst	Lövskog.	Gräs och annan vegetation.	Planerat gräs + trädgårdssordling.	
57.1650259018733,14.0484552650832	Värnamo	Utlöpp	Sommar & Höst	Lövdominerat inkl. fåtal barrträd.	Gräsdominerat	Akermark. Gångväg.	
57.1670662997778,14.0499508029342	Värnamo	Nedströms	Sommar & Höst	Lövskog	Gräs + vass.	Akermark. Gångväg.	Skog på andra sidan.
57.1670662997778,14.0499508029342	Värnamo	Uppströms	Sommar & Höst	Lövskog	Gräsdominerat	Skog/akermark. Gångväg + grusväg.	

Bilaga 3

Bild på akvatiska evertebrater som använts vid klassificering av ordningar. Material finns tillgängligt på www.macroinvertebrates.org.



Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

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