



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och  
jordbruksvetenskap

## **Flodpärlmussla som indikator i svenska vattendrag**

– en jämförelse mellan flodpärlmussla och biologiska kvalitetsfaktorer

Freshwater pearl mussel as indicators of Swedish streams

– a comparison between freshwater pearl mussel and biological quality elements

*Kristin Forssell*

# Flodpärlmussla som indikator i svenska vattendrag

Freshwater pearl mussel as indicators of Swedish streams

*Kristin Forssell*

**Handledare:** Richard K. Johnson, Sveriges Lantbruksuniversitet,  
Institutionen för vatten och miljö

**Btr handledare:** Leonard Sandin, Sveriges Lantbruksuniversitet,  
Institutionen för vatten och miljö

**Examinator:** Tobias Vrede, Sveriges Lantbruksuniversitet,  
Institutionen för vatten och miljö

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i miljövetenskap - kandidatprogram

**Kurskod:** EX0688

**Program/utbildning:** Biologi och miljövetenskap - kandidatprogram

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2014

**Delnummer i serien:** 2014:15

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** flodpärlmussla, indikator, expertbedömning, biologiska kvalitetsfaktorer

**Sveriges lantbruksuniversitet**  
**Swedish University of Agricultural Sciences**

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap  
Institutionen för vatten och miljö

## Abstract

The freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) is a large freshwater mussel. Because of its sensitivity to human impact, such as eutrophication, acidification and alterations of hydromorphology, the species is considered as a robust indicator of stream water quality and biodiversity. Moreover, due to the species complex life cycle, including a larval stage on the gills of salmon and trout, and sensitivity of early life stages, regeneration is often used as an indicator. The freshwater pearl mussel is also used in the expert judgement of status classification of benthic invertebrates according to the European Water Framework Directive.

The purpose of this study was to gain a deeper understanding of the freshwater pearl mussel as an indicator for Swedish streams. It was made with two types of association analyses. Regeneration of freshwater pearl mussel populations was compared with several indices and parameters of the biological quality elements benthic fauna, diatoms and fish. Then, values and classes for indices and parameters were compared across water bodies where freshwater pearl mussels were recorded as being present or not present. The association analyses were made with appropriate statistical methods and the results were considered significant for a p-value <0,05.

The study found no significant results to support the expert judgement of benthic fauna using freshwater pearl mussel. However, significant relationships between regeneration of freshwater pearl mussel populations and the status classifications using diatoms were noted, suggesting the use of freshwater pearl mussels to complement or replace classifications using diatom metrics.

Surprisingly, no clear relationships were found between regeneration of freshwater pearl mussel populations and parameters for salmon and trout. This finding was unexpected as the freshwater pearl mussel life cycle is dependent on host salmon and trout for growth and survival.

The study supports that the freshwater pearl mussel can indicate biodiversity since the diversity of benthic invertebrates and diatoms were higher where the freshwater pearl mussels were recorded as being present.

*Keywords:* freshwater pearl mussel, indicator, expert judgement, biological quality elements

## Sammanfattning

Flodpärlmussla (*Margaritifera margaritifera*) är en sötvattensmussla av typen stormusslor. På grund av dess känslighet för mänsklig påverkan, exempelvis övergödning, försurning och hydromorfologiska förändringar, anses arten vara en bra indikator på naturliga förhållanden, god vattenkvalitet och biologisk mångfald i vattendrag. Artens komplexa livscykel, med bland annat ett larvstadium på gälarna hos lax och öring, och dess speciella känslighet i ung ålder, gör att föryngring av flodpärlmussla är den mest använda indikatorn för arten. Flodpärlmusslan används även vid expertbedömning av bottenfauna vid statusklassificering enligt ramdirektivet för vatten.

Studiens syfte var att få en djupare förståelse för flodpärlmusslan som indikator i svenska vattendrag. Detta gjordes med två typer av sambandsanalyser. Föryngring av flodpärlmussla jämfördes med flera index och parametrar för de biologiska kvalitetsfaktorerna bottenfauna, kiselalger och fisk. Sedan jämfördes även värden och klasser för index och parametrar i vattenförekomster där flodpärlmussla fanns respektive inte fanns. Sambandsanalyserna genomfördes med lämpliga statistiska metoder där resultatet betraktades som signifikant för ett p-värde  $< 0,05$ .

Studien visade inga signifikanta resultat som stödjer expertbedömning av bottenfauna med hjälp av flodpärlmussla. Däremot fanns signifikanta samband mellan föryngring av flodpärlmussla och statusklassificering för kiselalger vilket öppnar upp för en möjlighet att ta hjälp av flodpärlmusslan vid bedömning av kiselalgsstatus.

Inga tydliga samband hittades mellan föryngring av flodpärlmussla och parametrar för lax och öring. Detta var förvånande eftersom flodpärlmusslan, i ett tidigt livsstadium, är beroende av lax och öring för sin tillväxt och överlevnad.

Studien stödjer påståendet om att flodpärlmusslan kan indikera biologisk mångfald då diversiteten för bottenfauna och kiselalger var högre där flodpärlmusslan fanns jämfört med där den inte fanns.

*Nyckelord:* flodpärlmussla, indikator, expertbedömning, biologiska kvalitetsfaktorer



# Innehållsförteckning

<b>Tabellförteckning</b>	<b>6</b>
<b>Figurförteckning</b>	<b>7</b>
<b>Ordlista</b>	<b>8</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>9</b>
1.1 Flodpärlmussla	9
1.1.1 Flodpärlmusslans utbredning och livscykel	9
1.1.2 Flodpärlmusslan som indikatorart	10
1.2 Syfte och frågeställning	11
1.3 Ekologisk statusklassning och biologiska kvalitetsfaktorer	12
1.3.1 Ramdirektivet för vatten	12
1.3.2 Bottenfauna	14
1.3.3 Kiselalger	14
1.3.4 Fisk	15
1.4 Index och parametrar för diversitet	17
<b>2 Material och metoder</b>	<b>18</b>
2.1 Datamaterial	18
2.2 Dataanalys	19
<b>3 Resultat</b>	<b>21</b>
3.1 Skillnad i värde eller klass hos index och parametrar när flodpärlmussla finns respektive inte finns	21
3.1.1 Bottenfauna	21
3.1.2 Kiselalger	23
3.2 Samband mellan flodpärlmusselbeståndets minsta mussla och olika index och parametrar	24
3.2.1 Bottenfauna	24
3.2.2 Kiselalger	24
3.2.3 Fisk	26
<b>4 Diskussion</b>	<b>29</b>
4.1 Bottenfauna	29
4.2 Kiselalger	30
4.3 Fisk	30
4.4 Slutsats	31
<b>Referenslista</b>	<b>32</b>



# Tabellförteckning

Tabell 1. Klassindelning av status för flodpärlmusselbestånd. Indelningen grundar sig på andel flodpärlmusslor med skallängd <50 mm respektive <20 mm samt antal individer i beståndet. (Bergengren et al., 2010).	11
Tabell 2. Klassificeringsgränser vid expertbedömning för kvalitetsfaktorn bottenfauna med hjälp av flodpärlmussla (Caruso et al., 2013).	11
Tabell 3. Sammanställning av parametrar och index för biologiska kvalitetsfaktorer för vattendrag samt vad de i första hand visar effekt av. Stödparametrar och sidoindeks kan användas som stöd vid klassificering (Naturvårdsverket, 2007).	13
Tabell 4. Klassindelning för status av IPS, IPS-värde för varje statusklass samt vad de olika statusklasserna innebär enligt bedömningsgrunderna 1999 (Kahlert et al., 2007; Naturvårdsverket, 2007).	15
Tabell 5. Klassindelning av surhet utifrån ACID-värden (Naturvårdsverket, 2007).	15
Tabell 6. Parametrar som ingår för att indexen VIX, VIXsm respektive VIXh (Naturvårdsverket, 2007).	16
Tabell 7. Antal observationer, analysmetod samt p-värde hos samtliga sambandsanalyser mellan om flodpärlmussla finns eller inte och index och parametrar för bottenfauna.	21
Tabell 8. Antal observationer, analysmetod samt p-värde hos samtliga sambandsanalyser mellan om flodpärlmussla finns eller inte och index och parametrar för kiselalger.	23
Tabell 9. Antal observationer, analysmetod, eventuell korrelation samt p-värde hos samtliga sambandsanalyser mellan minsta funna flodpärlmussla och index och parametrar för bottenfauna.	24
Tabell 10. Antal observationer, analysmetod, eventuell korrelation samt p-värde hos samtliga sambandsanalyser mellan minsta funna flodpärlmussla och index och parametrar för kiselalger.	25
Tabell 11. Antal observationer, analysmetod, eventuell korrelation samt p-värde hos samtliga sambandsanalyser mellan minsta funna flodpärlmussla och index och parametrar för fisk.	27



# Figurförteckning

- Figur 1.* Fördelning av observationer för värden på Simpson index i vattenförekomster där flodpärlmussla finns respektive inte finns. Lådagrammen visar 25:e, 50:e (medianen) och 75:e percentilen samt max- och minvärde. Extremvärden är markerade med cirklar och medelvärden för respektive kategori är utsatta. 22
- Figur 2.* Fördelning av observationer för värden på Shannon index i vattenförekomster där flodpärlmussla finns respektive inte finns. Lådagrammen visar 25:e, 50:e (medianen) och 75:e percentilen samt max- och minvärde. Extremvärden är markerade med cirklar och medelvärden för respektive kategori är utsatta. 22
- Figur 3.* Fördelning av observationer för värden på antal bottenfaunataxa i vattenförekomster där flodpärlmussla finns respektive inte finns. Lådagrammen visar 25:e, 50:e (medianen) och 75:e percentilen samt max- och minvärde. Medelvärdet för respektive kategori är markerad. 23
- Figur 4.* Fördelning av observationer för värden på antal kiselalgstaxa i vattenförekomster där flodpärlmussla finns respektive inte finns. Lådagrammen visar 25:e, 50:e (medianen) och 75:e percentilen samt max- och minvärde. Medelvärdet för respektive kategori är markerad. 24
- Figur 5.* Fördelning av observationer för minsta funna mussla och status i IPS. I ringarna anges antal observationer. Ringarnas area är proportionell mot antal observationer. 25
- Figur 6.* Fördelning av observationer för minsta funna mussla och status i ACID. I ringarna anges antal observationer. Ringarnas area är proportionell mot antal observationer. 26
- Figur 7.* Fördelning av observationer för minsta funna mussla och andel toleranta individer av fisk. I ringarna anges antal observationer. Ringarnas area är proportionell mot antal observationer. 27
- Figur 8.* Fördelning av observationer för minsta funna mussla och Simpson index. Lådagrammen visar 25:e, 50:e (medianen) och 75:e percentilen samt max- och minvärde. Medelvärdet för respektive kategori är markerad. 28

## Ordlista

Hydrologisk påverkan	Av människan orsakade förändringar i ett vattendrags karaktär där onaturliga flöden och vattenstånd uppkommit till följd av exempelvis dämning, reglering och vattenuttag (Länsstyrelsen Dalarnas län, 2014).
Konnektivitet	Djurs, växters, sediments och organiskt materials möjlighet till spridning och fri passering uppströms och nedströms i ett vattendrag (Vatteninformationssystem Sverige, 2014b).
Kvalitetsfaktorer	Biologiska, fysikalisk-kemiska och hydromorfologiska faktorer som består av en eller flera parametrar och/eller index (Naturvårdsverket, 2007).
Morfologisk påverkan	Av människan orsakade förändringar på ett vattendrags livsmiljöer genom exempelvis rensning (Länsstyrelsen Dalarnas län, 2014).
Taxon/taxa	Grupp organismer med vetenskapligt namn exempelvis underart, art, släkte och familj (Nationalencyklopedien, 2014).
Ytattenförekomst	Kallas ofta för vattenförekomst och är den minsta struktureenhet inom ramdirektivet för vatten. Ett vattendrag, en sjö eller kustvattenområde kan bestå av flera ytattenförekomster (Vatteninformationssystem Sverige, 2014a).

# 1 Inledning

## 1.1 Flodpärlmussla

### 1.1.1 Flodpärlmusslans utbredning och livscykel

I Sverige finns 34 arter av sötvattenmusslor. Flodpärlmusslan *Margaritifera margaritifera* (Linnaeus 1758) ingår, tillsammans med sju andra arter, i den kategori av sötvattenmusslor som kallas stormusslor (von Proschwitz *et al.*, 2006). Flodpärlmusslan lever i vattendrag på det norra halvklotet i Nordamerika, Ryssland och Europa. De största bestånden finns i Skottland, nordvästra Ryssland och i Skandinavien (Lundberg & Bergengren, 2008). I Sverige fanns år 2013 628 vattendrag med dokumenterade flodpärlmusselbestånd och musslan finns i alla län utom Gotlands, Kronobergs, Södermanlands, Stockholms och Uppsala län (Naturvårdsverket, 2014a). Undersökningar pekar på att flodpärlmusslan är på tillbakagång i hela dess utbredningsområde och det största problemet verkar vara att flodpärlmusslan misslyckas med föryngringen (Söderberg *et al.*, 2008).

Flodpärlmusslan är ett bottenlevande, filtrerande djur med en speciell livscykel som består av flera utvecklingsfaser (Söderberg *et al.*, 2008). Honans ägg befruktas av hanens spermier som sprutats ut i den fria vattenmassan. Äggen utvecklas på honans gälar till så kallade glochidielarver som efter en månads tid frisätts i vattnet. För att överleva behöver larverna sedan fastna på gälarna hos en värdfisk, vanligtvis öring eller lax, där de utvecklas till små musslor. Efter ett halvår som små musslor på värdfisken släpper de taget och påbörjar sina liv som bottendjur. De första åren lever musslorna nedgrävda i bottensedimentet men efter fyra till åtta år, när musslorna har en skallängd på ungefär 15-30 mm, börjar de leva mer fritt på botten. De kan sedan bli upp till 200 år gamla (Larsen, 2005; Söderberg *et al.*, 2008).

I Sverige har flodpärlmusslan minskat under 1900-talet och vissa bestånd har helt försvunnit från vattendrag där den tidigare påträffats (Naturvårdsverket, 2014b). Minskningen kan framförallt förklaras av mänsklig påverkan på vatten-

kvaliteten i form av skogsbruk, jordbruk, hydromorfologiska förändringar, pärlfiske, igenslamning av botten, näringstillförsel, erosion, försurning samt minskning och missgynnande av värd fiskar (Larsen, 2005; Söderberg *et al.*, 2008; Naturvårdsverket, 2014b).

Försämrade vattenkvalitet påverkar framförallt de små musslorna som inte påträffas i partikelrika vattendrag med ökande tillförsel av fosfor, kväve och organiskt material (Larsen, 2005). Onaturligt låga eller höga pH-värden har också en skadlig effekt på flodpärlmusslan (Young, 2005).

#### 1.1.2 Flodpärlmusslan som indikatorart

Flodpärlmusslans känslighet för mänsklig påverkan, den speciella livscykel och den långa livslängden gör flodpärlmusslan till en bra indikator på naturliga förhållanden i vattendrag (Söderberg *et al.*, 2008). Naturvårdsverket (2014c) menar att ett livskraftigt flodpärlmusselbestånd, med en fungerande reproduktion, indikerar ett väl fungerande ekosystem med liten mänsklig påverkan (Naturvårdsverket, 2014c).

Inom miljö kvalitetsmålet *Levande sjöar och vattendrag* används föryngring av flodpärlmussla som indikator på biologisk mångfald i ett vattendrag (Naturvårdsverket, 2014c). Föryngring innefattar inte enbart reproduktionen utan handlar även om att glochidielarverna och de unga frilevande musslorna överlever (Söderberg *et al.*, 2008). Eftersom glochidielarver och de unga musslorna reagerar snabbt på förändringar och lättare påverkas av försämrade vattenkvalitet (Young, 2005; Naturvårdsverket, 2014b) kan de användas för att få indikationer på vattenkvalitet (Naturvårdsverket, 2014b). Sverige används musslor med en skallängd på mindre än 50 mm som ett tecken på att föryngring finns. Denna gräns har satts då musslor över 50 mm antas vara tillräckligt gamla för att delta i fortplantningen (Söderberg *et al.*, 2008).

I *Undersökningstyp Stormusslor* finns en klassificering för att beskriva ett flodpärlmusselbestånds status (Tabell 1) där ett bestånd utgörs av det uppskattade antal individer i det undersökta området. Klassificeringen baseras på förekomsten av små musslor eftersom beståndet har större möjlighet till överlevnad på lång sikt om föryngring sker. I denna klassindelning används även musslor under 20 mm som en indikator på livskraftiga bestånd (Bergengren *et al.*, 2010).

Tabell 1. Klassindelning av status för flodpärlmusselbestånd. Indelningen grundar sig på andel flodpärlmusslor med skallängd <50 mm respektive <20 mm samt antal individer i beståndet. (Bergengren et al., 2010).

Klass	Kriterier	Status
1	>20% <50 mm och >0% <20 mm (>500 ind.).	LIVSKRAFTIGT
2	>20% <50 mm <b>eller</b> >10% <50 mm och >0% <20 mm (>500 ind.).	LIVSKRAFTIGT?
3	<20% <50 mm <b>eller</b> >20% <50 mm och (<500 ind.)	EJ LIVSKRAFTIGT
4	Alla >50 mm, riklig förekomst (>500 ind.)	MINSKANDE
5	Alla > 50 mm, fåtalig förekomst (<500 ind.)	SNART FÖRSVUNNA
6	Dokumenterad förekomst som försvunnet	FÖRSVUNNET

Vid ekologisk statusklassificering enligt ramdirektivet för vatten (se även avsnitt 1.3) kan flodpärlmusslan användas vid en så kallad expertbedömning för kvalitetsfaktorn bottenfauna då man menar att föryngring i ett flodpärlmusselbestånd indikerar god eller hög status (Naturvårdsverket, 2007; Caruso *et al.*, 2013). Caruso *et al.* (2013) har föreslagit klassificeringsgränser för hög, god och måttlig status på bottenfaunan utifrån hur ett flodpärlmusselbestånd är (Tabell 2). Klassificeringen utgår från klassindelningen för status av ett flodpärlmusselbestånd (Caruso *et al.*, 2013).

Tabell 2. Klassificeringsgränser vid expertbedömning för kvalitetsfaktorn bottenfauna med hjälp av flodpärlmussla (Caruso et al., 2013).

Status	Kriterier
Hög	>500 ind. och >20% <50 mm
God	>500 ind. och musslor <50 mm funna <b>eller</b> <500 ind. och >10% <50 mm
Måttlig	Endast ind. >50 mm <b>eller</b> dokumenterat försvunnet bestånd

## 1.2 Syfte och frågeställning

Inom den svenska vattenförvaltningen finns det många sätt att mäta kvaliteten i ett vattendrag. För den ekologiska statusklassningen enligt ramdirektivet för vatten använder Sverige flera index och parametrar för bland annat bottenfauna, kiselalger och fisk som ger indikationer på exempelvis övergödning, försurning och fysisk påverkan i vattendrag (se exempelvis Naturvårdsverket, 2007). Det finns även andra index och parametrar utanför den ekologiska statusklassningen som exempelvis indikerar diversitet. I avsnitt 1.3 och 1.4 diskuteras index och parametrar vidare.

Det övergripande syftet med denna studie är att få en djupare förståelse för flodpärlmusslan som indikator i svenska vattendrag. Extra fokus kommer att ligga

på att undersöka hur väl flodpärlmusslan ersätter bottenfauna vid ekologisk statusklassificering. Syftet kommer att besvaras med hjälp av följande frågeställningar:

- Finns det någon skillnad i värde eller statusklass hos index och parametrar för bottenfauna och kiselalger där flodpärlmussla finns respektive inte finns?
- Finns det något samband mellan föryngring av flodpärlmussla och olika parametrar och index för bottenfauna, kiselalger och fisk?

Flodpärlmusslan är en bra indikator på naturliga förhållanden i ett vattendrag (Söderberg *et al.*, 2008). Därför är den övergripande hypotesen att där det finns flodpärlmussla visar index och parametrar, för bottenfauna, kiselalger och fisk, på bra vattenkvalitet. Även när det gäller föryngring av flodpärlmussla förväntas index och parametrar visa på bättre vattenkvalitet där föryngring sker jämfört med där det endast finns större musslor. Detta eftersom yngre individer av flodpärlmussla är känsligare (se exempelvis Larsen, 2005; Young, 2005) och att föryngring används som indikator på både biologisk mångfald och väl fungerande ekosystem (Naturvårdsverket, 2014c).

Hypotesen gäller särskilt för de index som används vid statusklassning av kvalitetsfaktorn bottenfauna eftersom inga tidigare studier har påträffats som visar hur sambandet ser ut mellan bottenfaunaindex och förekomsten och/eller föryngring av flodpärlmussla.

### 1.3 Ekologisk statusklassning och biologiska kvalitetsfaktorer

#### 1.3.1 Ramdirektivet för vatten

Ramdirektivet för vatten upprättades den 23 oktober år 2000 (Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG). Syftet var att upprätta en enhetlig politisk ram för att skydda kust-, grund-, inlandsytvatten och vatten i övergångszoner (Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG). Genom ramdirektivet för vatten förband sig medlemsstaterna att se till att alla vattenförekomster (ytvattenförekomster) uppnår och bibehåller god ekologisk och kemisk status till år 2015. (Vattenmyndigheterna, 2014). Konstgjorda och kraftigt modifierade vattenförekomster ska uppnå god ekologisk potential och god kemisk status (Naturvårdsverket, 2007).

En förändring som skedde med ramdirektivet för vatten var att tyngdpunkten flyttades från kemisk kvalitet till ekologisk (Hatton-Ellis, 2008). Den ekologiska statusen klassificeras som hög, god, måttlig, otillfredsställande eller dålig och bestäms genom en sammanvägning av statusklassificering av bestämda kvalitetsfak-

torer. För den ekologiska statusklassificeringen finns biologiska, fysikalisk-kemiska samt hydromorfologiska kvalitetsfaktorer (Naturvårdsverket, 2007). I första hand ska de biologiska kvalitetsfaktorerna vägas samman till en biologisk status för vattenförekomsten. Om den biologiska statusen blir god eller hög ska även de fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorerna vägas samman. Om den fysikalisk-kemiska statusen i sin tur bedöms som hög ska därtill en hydromorfologisk status bestämmas (2 kap, 2 §, HVMFS 2013:19). Sammanfattningsvis innebär detta att om den biologiska statusen är måttlig eller sämre blir den sammanvägda ekologiska statusen också måttlig eller sämre oavsett vad den fysikalisk-kemiska och hydromorfologiska statusen visar. Vidare gäller att när kvalitetsfaktorer vägs samman blir den sammanvägda statusen densamma som statusen hos den kvalitetsfaktorn med sämst status. Kvalitetsfaktorn med sämst status är alltså utslagsgivande (2 kap, 2 §, HVMFS 2013:19).

Beroende på vattentyp ingår olika kvalitetsfaktorer i statusbedömningen. För vattendrag finns det tre biologiska kvalitetsfaktorer; bottenfauna, makrofyter/kiselalger och fisk. Inom varje kvalitetsfaktor ingår ett antal parametrar och/eller index som fungerar som bedömningsgrunder. (Naturvårdsverket, 2007). Parametrarna och indexen samt vad de i första hand visar finns beskrivet i Tabell 3.

Tabell 3. Sammanställning av parametrar och index för biologiska kvalitetsfaktorer för vattendrag samt vad de i första hand visar effekt av. Stödparametrar och sidoindex kan användas som stöd vid klassificering (Naturvårdsverket, 2007).

Biologisk kvalitetsfaktor	Parameter/index	Visar i första hand effekt av
Kiselalger	IPS	Näringspåverkan och organisk förorening
	ACID	Surhet
	%PT (stödparameter)	Organisk förorening
	TDI (stödparameter)	Näringspåverkan
Bottenfauna	ASPT	Ekologisk kvalitet
	DJ-index	Näringspåverkan
	MISA	Surhet
Fisk	VIX	Näringspåverkan (inklusive bottensedimentation, igenväxning, låg syrehalt), påverkan av surhet, morfologisk och hydrologisk påverkan. VIX indikerar äldre påverkan om vandringshinder stoppar återkolonisation av fisk. VIX indikerar även diffusa negativa effekter inklusive försämrad habitatkvalitet på grund av vandringshinder, jord- och skogsbruk.
	VIXsm (sidoindex)	Surhet och/ eller morfologisk påverkan
	VIXh (sidoindex)	Hydrologisk påverkan

### 1.3.2 Bottenfauna

Bottenfauna är bottenlevande, ryggradslösa djur och utgörs framförallt av insekter med ett vattenlevande larvstadium i botten som utgör den större delen av djurets livscykel. I gruppen bottenfauna ingår även snäckor, musslor, iglar, fåborstmaskar och kräftdjur (Medin *et al.*, 2002; Naturvårdsverket, 2007).

Bottenfauna har länge använts i Europa som en indikator på förändringar i vattenmiljöer eftersom påverkan i form av exempelvis övergödning och surhet leder till en förändring av den taxonomiska sammansättningen. Vid högre påverkan tenderar andelen toleranta bottenfaunaarter att öka (Naturvårdsverket, 2007).

Vid statusklassificering av bottenfauna i vattendrag används idag de tre indexen ASPT (Average Score Per Taxon), DJ-index (Dahl & Johnson) och MISA (Multimetric Index for Stream Acidification). Vid klassificeringen är Sverige typindelad i tre biogeografiska regioner som påverkar referensvärdet. Referensvärdet styr sedan vilken status ett visst index-värde får. ASPT används för att indikera övergödning, föroreningar med syretärande ämnen samt habitatförstörande påverkan. Varje bottenfaunafamilj har tilldelats ett indikatorvärde, mellan ett och tio, beroende på känslighet för miljöpåverkan. Höga indikatorvärden visar att familjen är känslig och låga värden att familjen är tolerant. ASPT-värdet är sedan ett medelvärde av alla indikatorvärden. Höga ASPT-värden indikerar därmed god vattenkvalitet och låga värden en sämre vattenkvalitet (Naturvårdsverket, 2007).

DJ-index visar effekter av övergödning. Det är ett så kallat multimetriskt index innehållande fem delindex som var och en indikerar en specifik påverkan. De fem enkla indexen är den relativa abundansen av kräftdjur (Crustacea), ASPT, Saprobie-indexet (indikerar känslighet för organisk förorening), den relativa abundansen av dag-, bäck- och nattsländor (Ephemeroptera, Plecoptera och Trichoptera) samt antal taxa av dag-, bäck- och nattsländor. En sammanslagning av de enkla indexen blir den slutgiltiga statusen för DJ-index (Naturvårdsverket, 2007).

MISA är också ett multimetriskt index. Det innehåller sex enkla index och visar surhetspåverkan. Delindexen är antal familjer, antal taxa av snäckor (Gastropoda), antal taxa av dagsländor (Ephemeroptera), kvoten mellan den relativa abundansen av dagsländor och relativa abundansen av bäcksländor (Plecoptera), AWIC-index (Acid Waters Indicator Community index) samt den relativa abundansen av sönderdelare (Naturvårdsverket, 2007).

### 1.3.3 Kiselalger

Kiselalgernas olika arter och dess miljökrav är väl dokumenterade. De reagerar snabbt på förändringar i miljön och är därför bra och användbara indikatorer på miljökvaliteten i sjöar och vattendrag (Sveriges Lantbruksuniversitet, 2012).

Vid statusklassificering av kiselalger i vattendrag används de två indexen IPS (Indice de Polluo-sensibilité Spécifique) och ACID (ACidity Index of Diatoms),



samt två stödparametrar, %PT (Pollution Tolerant valves) och TDI (Trophic Diatom Index) (Naturvårdsverket, 2007). IPS är det index som huvudsakligen används vid klassificering med hjälp av kiselalger och det visar påverkan av näringsämnen och organisk förorening. IPS beräknas med hjälp av information från den relativa abundansen hos samtliga kiselalgstaxa samt hur känsliga varje taxa är för föroreningar och ekologiska variationer. Höga IPS-värden indikerar låga näringshalter i vattendraget med lite organisk förorening medan låga IPS-värden indikerar ett näringsrikt vatten med övergödning och mycket organisk förorening (Naturvårdsverket, 2007; Jarlman & Kahlert, 2009; Sveriges Lantbruksuniversitet, 2012). I Tabell 4 finns en sammanställning av klassindelningen för IPS.

Tabell 4. Klassindelning för status av IPS, IPS-värde för varje statusklass samt vad de olika statusklasserna innebär enligt bedömningsgrunderna 1999 (Kahlert et al., 2007; Naturvårdsverket, 2007).

Statusklass	Beskrivning	IPS-värde
Hög	Mycket näringsfattigt till näringsfattigt tillstånd och ingen eller obetydlig förorening.	$\geq 17,5$
God	Näringsfattigt till näringsrikt tillstånd och/eller svag förorening.	$\geq 14,5$ och $< 17,5$
Måttlig	Näringsrikt till mycket näringsrikt tillstånd och/eller tydlig förorening.	$\geq 11$ och $< 14,5$
Otillfredsställande	Stark förorening.	$\geq 8$ och $< 11$
Dålig	Mycket stark förorening.	$< 8$

ACID är ett surhetsindex som används för att visa på surheten i ett vattendrag. Det är framtaget från kiselalgernas artsammansättning då olika kiselalgstaxa dominerar i vatten med olika pH (Kahlert *et al.*, 2007). Utifrån värdet på ACID kan vattendraget kategoriseras i en femgradig skala på surhet (Naturvårdsverket, 2007) (Tabell 5).

Tabell 5. Klassindelning av surhet utifrån ACID-värden (Naturvårdsverket, 2007).

Surhetsklass	ACID-värde
Alkaliskt	$\geq 7,5$
Nära neutralt	5,8-7,5
Måttligt surt	4,2-5,8
Surt	2,2-4,2
Mycket surt	$< 2,2$

#### 1.3.4 Fisk

Fiskfaunan i vattendrag påverkas negativt av bland annat försurning, övergödning, skogsbruk och fysiska ingrepp i vattendraget. Fisk kan användas som indikator på

hur olika miljöstörningar påverkar faunan i ett vattendrag (Naturvårdsverket, 2007).

Tabell 6. Parametrar som ingår för att indexen VIX, VIXsm respektive VIXh (Naturvårdsverket, 2007).

Parameter	Index där parameter ingår
Sammanlagd täthet av öring och lax	VIX, VIXsm, VIXh
Andel toleranta individer	VIX, VIXh
Andel lithofila arter	VIX, VIXsm
Andel toleranta arter	VIX, VIXh
Andel intoleranta arter	VIX, VIXsm
Andel laxfiskarter som reproducerar sig på lokalen	VIX, VIXsm
Simpson diversitetsindex	VIXh

Vid statusklassificering av fisk mäts generell påverkan med indexet VIX (Vattendragsindex) där sex parametrar ingår (Tabell 6). VIX visar effekter av näringspåverkan, påverkan av surhet och morfologisk och hydrologisk påverkan. Det ger även indikationer på om det finns en påverkan på återkolonisationen av fisk, diffusa negativa effekter och försämrade habitatkvalitet på grund av vandringshinder och/eller jord- och skogsbruk. VIXsm och VIXh är så kallade sidindex som kompletterar VIX genom att tydligare indikera surhet och/eller morfologisk påverkan respektive hydromorfologisk påverkan (Naturvårdsverket, 2007).

Beier *et al.* (2007) har undersökt vad de sex olika parametrarna i VIX indikerar vad gäller påverkanstyperna surhet, övergödning, morfologisk påverkan, hydrologisk påverkan samt bristande konnektivitet. Tre av de ingående parametrarna i VIX handlar om toleranta och intoleranta fiskarter/individer. Toleransen syftar på tålighet mot framförallt övergödning och morfologisk påverkan. De intoleranta arterna består främst av nejonögon, laxfiskarter och simpor medan arter som anses som toleranta är typiska sjöarter som exempelvis abborre, braxen, mört och spiggar. Andelen intoleranta arter minskar med ökad surhet, övergödning och morfologisk påverkan medan andelen toleranta individer och arter ökar med ökad övergödning och hydrologisk påverkan (Beier *et al.*, 2007; Naturvårdsverket, 2007).

Lithofila fiskarter är arter som leker på hårt bottenmaterial som grus och sten. Alla arter som inte klassas som toleranta är lithofila och förutom de intoleranta arterna ingår även arter som asp, vimma och lake. Andelen lithofila arter minskar med ökad surhet, övergödning och morfologisk påverkan (Beier *et al.*, 2007).

Parametrar med öring och lax ingår också i VIX eftersom de är vanliga fiskarter i rinnande vatten i Sverige. Tätheten av öring och lax är beroende av reproduktionen och antalet årsungar. Bestånden blir även tätare om lekande individer åter-

kommer till vattendragen från hav och sjöar. Tätheten av öring och lax indikerar påverkan från surhet, morfologisk påverkan, övergödning och hydrologisk påverkan och tätheten minskar med ökad påverkan. Andel laxfiskarter som reproducerar sig är en indikator på surhet, övergödning och morfologisk påverkan och reproduktionen minskar med ökad påverkan (Beier *et al.*, 2007).

Parametern Simpson diversitetsindex indikerar endast påverkan från hydrologisk påverkan. Indexvärdet ökade först med påverkansgrad för att sedan minska (Beier *et al.*, 2007). Läs mer om Simpson diversitetsindex i avsnitt 1.4.1.

#### 1.4 Index och parametrar för diversitet

Diversiteten i ett område kan mätas på flera olika sätt. Det enklaste måttet är antal arter eller antal taxa (Grandin *et al.*, 2011). I denna studie undersöks antal taxa av kiselalger respektive bottenfauna.

Med kiselalgstaxa menas främst arter och släkten och i enstaka fall även underarter och morfotyper (Kahlert, 2014). I 90 % av Sveriges vattendrag ligger antal kiselalgstaxa mellan 20 och 80. Antal kiselalgstaxa under 20 kan därför definieras som *mycket lågt* och vattendrag med antal taxa över 80 som *mycket högt* (Kahlert, 2011).

Antal taxa av bottenfauna kan variera mycket både inom ett och samma vatten och mellan olika vatten, vilket kan bero på konkurrens, rovdjur, vattenlokalens struktur och vattenkvaliteten (Medin *et al.*, 2002).

Ett diversitetsmått som artantal eller antal taxa innehåller ingen information om hur vanligt förekommande en art eller ett taxon är i förhållande till andra arter/taxa. För att få ett bredare diversitetsmått kan därför diversitetsindex användas, som kombinerar information om antalet arter/taxa och artens/taxonets relativa mängd i exempelvis individantal eller massa. Två vanliga diversitetsindex är Shannon respektive Simpson (Grandin *et al.*, 2011). Shannon index tar i första hand hänsyn till antalet arter/taxa och i andra hand till den relativa mängden (Cain *et al.*, 2011; Grandin *et al.*, 2011) medan Simpson index är ett mått på sannolikheten att få två olika arter när två organismer slumpmässigt plockas ut (Krebs, 1989).

## 2 Material och metoder

För att undersöka sambandet mellan föryngring av flodpärlmussla och index och parametrar för bottenfauna, kiselalger och fisk jämfördes data på dessa index och parametrar med data på minsta funna mussla, inom samma vattenförekomst. För att jämföra skillnaden i värden eller klasser för index och parametrar för bottenfauna och kiselalger användes data från vattenförekomster där flodpärlmussla fanns respektive inte fanns. Sambandsanalyserna genomfördes med lämpliga statistiska metoder där resultatet betraktades som signifikant för ett p-värde  $< 0,05$ .

### 2.1 Datamaterial

För sambandsanalyserna mellan föryngring av flodpärlmussla och olika index och parametrar användes datamaterial på flodpärlmussla, bottenfauna, kiselalger respektive elfiske. Datamaterialen bestod av provtagningsdata från vattendrag i län spridda över hela Sverige. De datamaterial där observationerna inte redan hade ett vattenförekomst-ID med geografiska koordinater tilldelades ett sådant. Detta gjordes i ArcGIS genom att undersöka till vilken vattenförekomst observationernas provtagningslokalers koordinater hörde.

Vattenförekomst-ID användes sedan för att skapa tre datamaterial där flodpärlmussla var matchat med bottenfauna, kiselalger respektive fisk. Matchningen mellan flodpärlmussla och kiselalger samt flodpärlmussla och fisk utgick från den nyaste observationen av flodpärlmussla för varje aktuell vattenförekomst. Observationen kopplades sedan samman med den observation av kiselalger respektive fisk som låg närmast i tiden. Om avståndet i tid mellan de två kopplade observationerna i en vattenförekomst var längre än sex år användes den näst nyaste observationen av flodpärlmussla, och så vidare, tills en koppling under sex år hittades. Samtliga kopplingar mellan observationer som hade ett tidsavstånd över sex år togs bort.

För bottenfauna var alla observationer från år 2000. För varje vattenförekomst kopplades en observation av bottenfauna ihop med den observation av flodpärl-

mussla som var närmast i tiden. Om det fanns flera observationer med samma tidsavstånd användes slumpmässigt urval. Om observationerna av flodpärlmussla i en vattenförekomst hade ett tidsavstånd på mer än sex år från år 2000 togs de bort.

Utifrån information om längdstorleken på minsta funna mussla delades observationerna in i storleksklasserna 1-19 mm, 20-49 mm, 50-99 mm och  $\geq 100$  mm där de två mindre storleksklasserna representerar att föryngring av flodpärlmusselbestånden sker. Observationer där information om minsta funna mussla saknades eller där det stod ”endast stora musslor” togs bort.

För varje av de tre skapade datamaterialen gjordes sedan sambandsanalyser mellan storleksklasserna för flodpärlmussla och utvalda index och parametrar (se Tabell 7-9 för att se vilka index och parametrar som analyserats). I de fall där index eller parametrar var indelat i klasser, exempelvis i surhet eller statusklass, användes det vid analysen. För parametern täthet av öring och lax skapades en egen klassning och i övriga fall användes en kontinuerlig skala.

Vid analyser av skillnad mellan värden och klasser för index och parametrar i vattenförekomster där flodpärlmussla fanns respektive inte fanns, användes delvis observationer från de första analyserna. För att få fram datamaterial på index och parametrar där det inte fanns flodpärlmussla sorterades sådana vattenförekomster ut från de ursprungliga datamaterialen. Observationer med provtagning i län där flodpärlmussla inte förekommer i Sverige togs bort. Observationerna sorterades på vattenförekomstens latitud (x-koordinat) och sedan stratifierades var x:te observation ut för att få en spridning av observationer över hela Sverige (nord-sydlig riktning). För index och parametrar av bottenfauna användes 42 observationer utan flodpärlmussla och jämfördes med 39 observationer med flodpärlmussla och för parametrar och index för kiselalger användes 33 eller 21 observationer för respektive kategori beroende på hur många observationer det fanns för det/den specifika indexet eller parametern.

## 2.2 Dataanalys

Vid samtliga sambandsanalyser jämfördes två variabler. Beroende på variablernas egenskaper, för respektive sambandsanalys, valdes statistisk metod. Sammanlagt användes fem olika metoder.

I de fall där två ordinala variabler jämfördes och där båda variablerna hade fler än två kategorier användes Spearman's rangkorrelation. Detta gjordes exempelvis när minsta funna mussla jämfördes med ett klassindelad index. Spearman's rangkorrelation används för att beräkna korrelationen på rangordnade observationer där p-värdet angav om det fanns ett statistiskt signifikant samband mellan kategorierna. Korrelationskoefficienten angav hur starkt sambandet var (Olsson *et al.*, 2012).

Då två kategorivariabler jämfördes, där den ena eller båda variablerna endast hade två kategorier, användes oberoendetest. Det var exempelvis i de fall där klassindelade index eller parametrar jämfördes för flodpärlmussla finns/ finns inte. Ett oberoendetest visar då om det finns ett samband mellan flodpärlmussla och klass i index eller parameter. Två olika oberoendetest användes, Chi-2 och Fisher's exakta test, där det senare användes när stickproven var för små för Chi-2 (Olsson *et al.*, 2012).

I de fall där en av variablerna var binär, exempelvis flodpärlmussla finns/ finns inte, och den andra variabeln var kontinuerlig, jämfördes medelvärdena för den kontinuerliga variabeln med hjälp av *t*-test. P-värdet angav om skillnaden i medelvärde var statistiskt signifikant eller inte (Olsson *et al.*, 2012).

Slutligen användes regression med F-test när en kategorivariabel med fler än två kategorier jämfördes med en kontinuerlig variabel. Detta skedde exempelvis när sambandet mellan minsta funna mussla och en kontinuerlig parameter studerades. P-värdet angav om skillnaden i samtliga medelvärden var statistiskt signifikant eller inte (Olsson *et al.*, 2012).

## 3 Resultat

### 3.1 Skillnad i värde eller klass hos index och parametrar när flodpärlmussla finns respektive inte finns

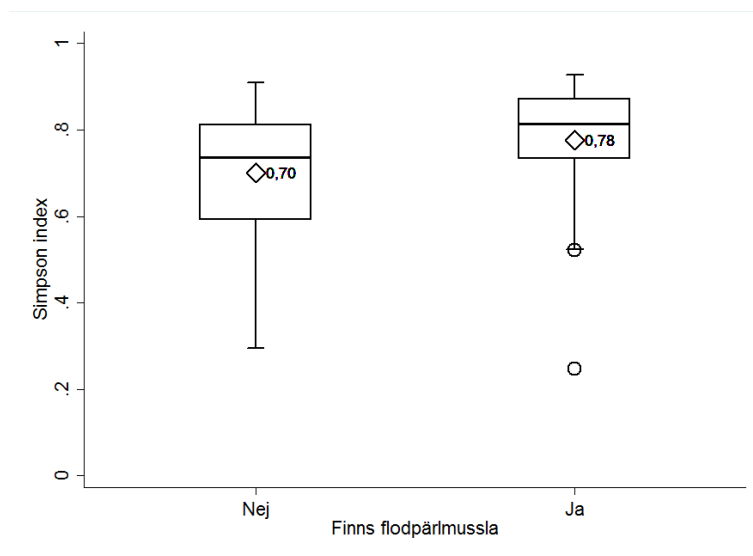
#### 3.1.1 Bottenfauna

Sambandsanalyser mellan flodpärlmussla finns/finns inte och index/parametrar för bottenfauna visade signifikanta resultat i de tre fall där en jämförelse mellan medelvärden genomfördes (*t*-test) (Tabell 7). I samtliga fall är medelvärdet högre där flodpärlmussla finns. Medelvärden och fördelningen av observationerna för samtliga index- och parametervärden åskådliggörs i Figur 1-3.

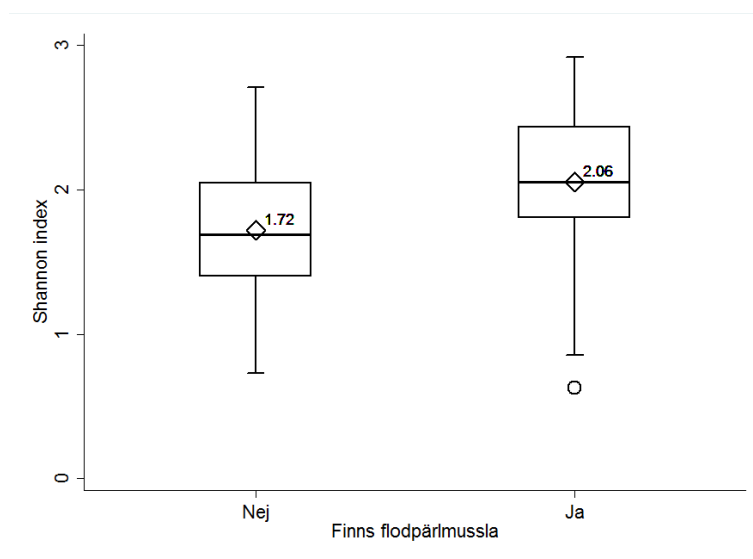
Tabell 7. *Antal observationer, analysmetod samt p-värde hos samtliga sambandsanalyser mellan om flodpärlmussla finns eller inte och index och parametrar för bottenfauna.*

Index/parameter	Antal observationer	Analysmetod	p-värde †
MISA	81	Oberoendetest	0,570
DJ-index	81	Oberoendetest	0,175
Simpson	81	<i>t</i> -test	0,018*
Shannon	81	<i>t</i> -test	0,003**
Antal taxa	81	<i>t</i> -test	0,035*

† p-värden i intervallet 0,01-0,05 markeras med \*, medan intervallet 0,001-0,01 markeras med \*\*.

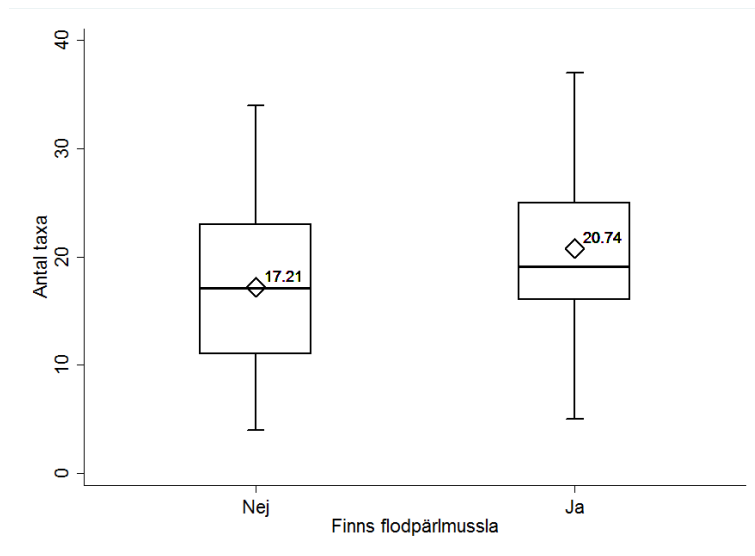


Figur 1. Fördelning av observationer för värden på Simpson index i vattenförekomster där flodpärlmussla finns respektive inte finns. Lådagrammen visar 25:e, 50:e (medianen) och 75:e percentilen samt max- och minvärde. Extremvärden är markerade med cirklar och medelvärden för respektive kategori är utsatta.



Figur 2. Fördelning av observationer för värden på Shannon index i vattenförekomster där flodpärlmussla finns respektive inte finns. Lådagrammen visar 25:e, 50:e (medianen) och 75:e percentilen samt max- och minvärde. Extremvärden är markerade med cirklar och medelvärden för respektive kategori är utsatta.





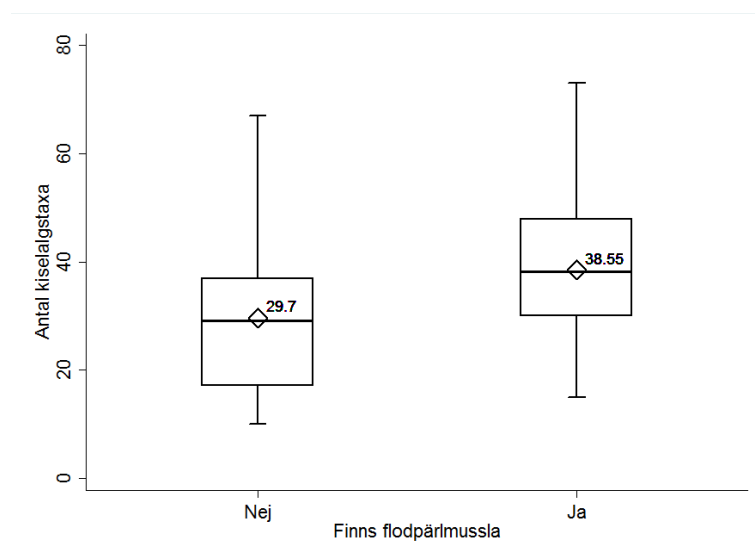
Figur 3. Fördelning av observationer för värden på antal bottenfaunataxa i vattenförekomster där flodpärlmussla finns respektive inte finns. Lådagrammen visar 25:e, 50:e (medianen) och 75:e percentilen samt max- och minvärde. Medelvärde för respektive kategori är markerad.

### 3.1.2 Kiselalger

Sambandsanalyser mellan flodpärlmussla finns/finns inte och index/parametrar för kiselalger visade endast signifikant resultat i jämförelse av medelvärde för antal kiselalgstaxa (Tabell 8). Figur 4 visar medelvärden och fördelning av observationerna.

Tabell 8. Antal observationer, analysmetod samt p-värde hos samtliga sambandsanalyser mellan om flodpärlmussla finns eller inte och index och parametrar för kiselalger.

Index/parameter	Antal observationer	Analysmetod	p-värde
IPS	66	Oberoendetest	0,811
ACID	66	Oberoendetest	0,108
Shannon	42	<i>t</i> -test	0,876
Kiselalgstaxa	66	<i>t</i> -test	0,011*



Figur 4. Fördelning av observationer för värden på antal kiselalgstaxa i vattenförekomster där flodpärlmussla finns respektive inte finns. Lådagrammen visar 25:e, 50:e (medianen) och 75:e percentilen samt max- och minvärde. Medelvärde för respektive kategori är markerad.

## 3.2 Samband mellan flodpärlmusselbeståndets minsta mussla och olika index och parametrar

### 3.2.1 Bottenfauna

Inga signifikanta resultat fanns vid sambandsanalyser mellan minsta funna mussla och index/parametrar för bottenfauna (Tabell 9). Ingen analys utfördes med ASPT då alla observationerna var kategoriserade i klassen hög status.

Tabell 9. Antal observationer, analysmetod, eventuell korrelation samt p-värde hos samtliga sambandsanalyser mellan minsta funna flodpärlmussla och index och parametrar för bottenfauna.

Index/parameter	Antal observationer	Analysmetod	Korrelation	p-värde
MISA	27	Spearman	0,170	0,397
DJ-index	27	Oberoendetest	-	0,152
Simpson	27	Regression	-	0,748
Shannon	27	Regression	-	0,744
Antal taxa	27	Regression	-	0,997

### 3.2.2 Kiselalger

Sambandsanalyser mellan minsta funna mussla och index/parametrar för kiselalger visade signifikanta resultat för IPS och ACID (Tabell 10). Korrelationen visar på

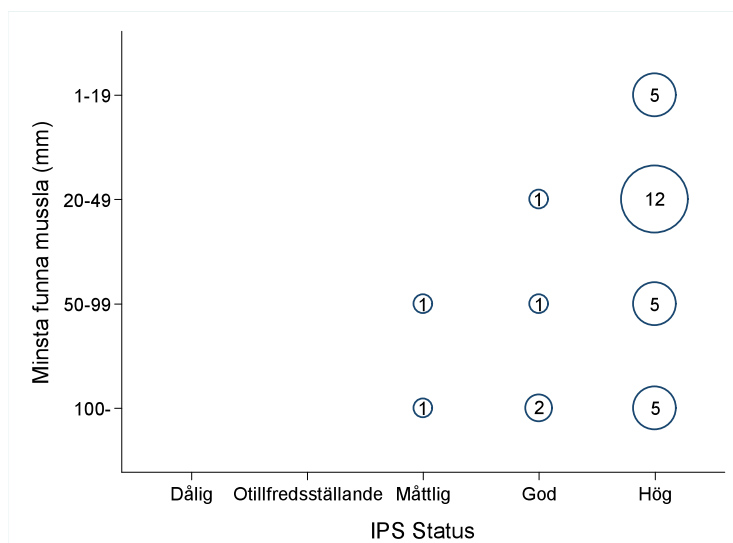
ett positivt samband mellan minsta funna mussla och IPS samt ett negativt samband mellan minsta funna mussla och ACID.

Samtliga observationer med minsta funna mussla mindre än 50 mm har en god eller hög status i IPS (Figur 5). Samtliga observationer med minsta funna mussla mindre än 20 mm har en hög status i IPS. Två observationer hade måttlig status i IPS där båda hade minsta funna mussla över eller lika med 50 mm.

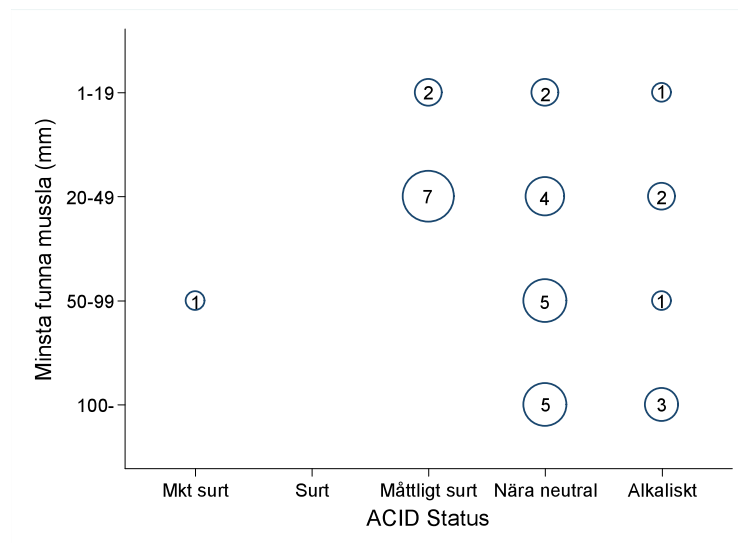
Samtliga observationer med minsta funna mussla mindre än 50 mm har en status i ACID på måttligt surt, nära neutral eller alkaliskt (Figur 6). När minsta funna mussla är 50 mm eller större är statusen i ACID i samtliga fall, utom ett, nära neutral eller alkaliskt. Statusen i ACID är endast måttlig för minsta funna musslan mindre än 50 eller 20 mm.

Tabell 10. Antal observationer, analysmetod, eventuell korrelation samt p-värde hos samtliga sambandsanalyser mellan minsta funna flodpärlmussla och index och parametrar för kiselalger.

Index/parameter	Antal observationer	Analysmetod	Korrelation	p-värde
IPS	33	Spearman	0,371	0,034*
ACID	33	Spearman	-0,345	0,049*
Shannon	21	Regression	-	0,613
Kiselalgstaxa	33	Regression	-	0,878



Figur 5. Fördelning av observationer för minsta funna mussla och status i IPS. I ringarna anges antal observationer. Ringarnas area är proportionell mot antal observationer.



Figur 6. Fördelning av observationer för minsta funna mussla och status i ACID. I ringarna anges antal observationer. Ringarnas area är proportionell mot antal observationer.

### 3.2.3 Fisk

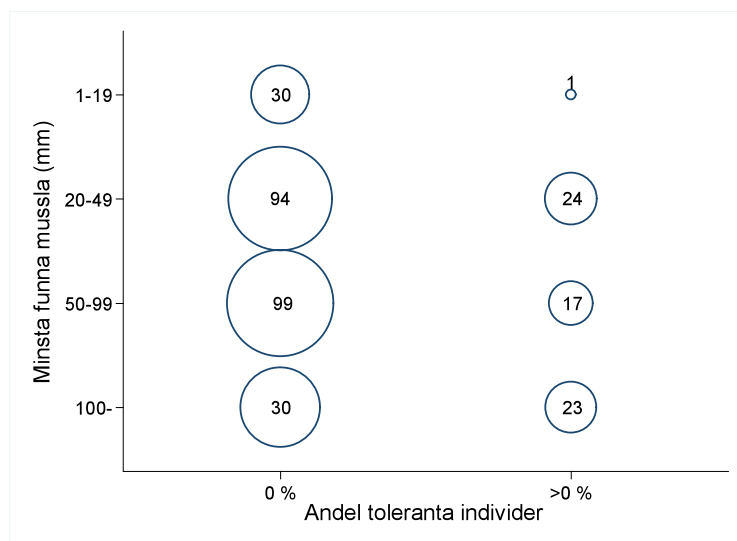
Sambandsanalyser mellan minsta funna mussla och index/parametrar för fisk visade signifikanta resultat andel toleranta individer och Simpson index (Tabell 11).

Andelen toleranta individer av fisk är 0 % för 30 av 31 observationer som har minsta funna mussla mindre än 20 mm (Figur 7). För minsta funna mussla större eller lika med 100 mm är andelen toleranta individer 0 % för 56 av 79 observationer. Det finns en viss förskjutning med mindre storlek av minsta funna mussla där det inte finns några toleranta individer.

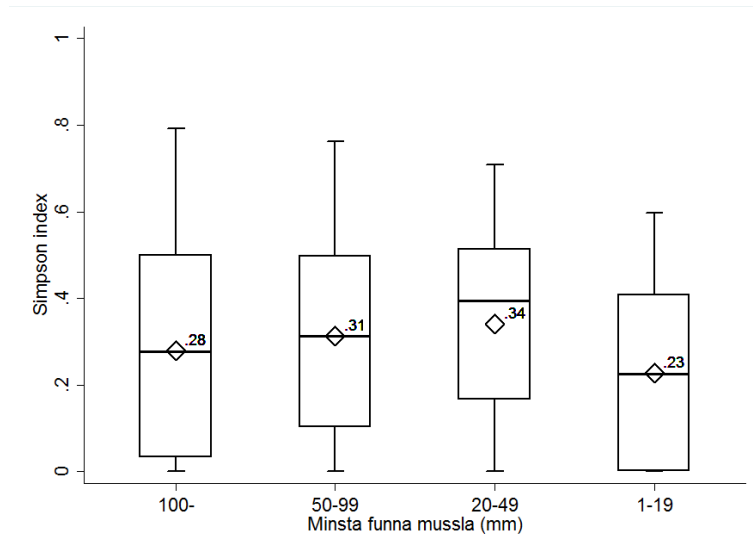
I Figur 8 syns ett icke-linjärt samband mellan minsta funna mussla och Simpson index där de högsta medelvärdena på Simpson finns där i de två mellersta storleksklasserna för minsta funna mussla. Lägst medelvärde är det där minsta funna mussla är <20 mm.

Tabell 11. Antal observationer, analysmetod, eventuell korrelation samt p-värde hos samtliga sambandsanalyser mellan minsta funna flodpärlmussla och index och parametrar för fisk.

Index/parameter	Antal observationer	Analysmetod	Korrelation	p-värde
VIX	344	Spearman	0,056	0,306
VIXsm	342	Regression	-	0,776
VIXsm surhet	344	Oberoendetest	-	0,914
VIXsm morfologi	344	Oberoendetest	-	0,956
VIXh	342	Regression	-	0,667
Täthet öring och lax	346	Spearman	-0,092	0,088
Andel toleranta individer	344	Oberoendetest	-	0,008**
Andel lithofila arter	346	Oberoendetest	-	0,166
Andel toleranta arter	344	Oberoendetest	-	0,083
Andel intoleranta arter	344	Oberoendetest	-	0,083
Laxfiskar med reproduktion	337	Oberoendetest	-	0,288
Simpson	344	Regression	-	0,029*



Figur 7. Fördelning av observationer för minsta funna mussla och andel toleranta individer av fisk. I ringarna anges antal observationer. Ringarnas area är proportionell mot antal observationer.



Figur 8. Fördelning av observationer för minsta funna mussla och Simpson index. Lådagrammen visar 25:e, 50:e (medianen) och 75:e percentilen samt max- och minvärde. Medelvärde för respektive kategori är markerad.

## 4 Diskussion

### 4.1 Bottenfauna

Minsta funna mussla under 50 mm kan ses som ett tecken på föryngring i ett flodpärlmusselbestånd. Föryngring används idag vid expertbedömning av bottenfaunastatus. Inga signifikanta samband fanns mellan minsta funna mussla och index och parametrar för bottenfauna. Att inga signifikanta samband hittades för MISA och DJ-index öppnar upp för ett möjligt ifrågasättande av flodpärlmusslan som ersättare för bottenfauna vid bedömning av den biologiska statusen i vattendrag. Alternativt stämmer det att flodpärlmusslan är en bra indikator på bottenfaunastatusen men att det finns brister i de index som används. För ASPT var alla observationer i kategorin hög status. Även detta påvisar avsaknad av samband mellan föryngring och bottenfaunastatus eftersom minsta funna mussla varierar utan att ASPT gör det.

Det bör tilläggas att analyserna mellan bottenfauna och minsta funna mussla endast utfördes med 27 observationer vilket gör den statistiska styrkan förhållandevis låg. Ett framtagande av bottenfaunadata för samtliga vattendrag där flodpärlmusseldata finns skulle antagligen öka antalet observationer.

För de index och parametrar för bottenfauna som visar diversitet - Shannon, Simpson och antal taxa - fanns det signifikanta skillnader i medelvärde där flodpärlmussla fanns/inte fanns. Samtliga medelvärden var högre där flodpärlmussla fanns vilket antyder att flodpärlmusslan som art, generellt sett, kan indikera högre diversitet av bottenfauna. Däremot finns det tydliga överlappningar av index- och parametervärdena (Figur 1-3) vilket gör att flodpärlmusslan inte helt kan ersätta indexen/parametrarna.

## 4.2 Kiselalger

Det fanns ett signifikant högre medelvärde av antal kiselalgstaxa där flodpärlmussla fanns jämfört med där det inte fanns och skillnaden i medelvärde var nästan 10 (se Figur 4). Detta tyder på att diversiteten av kiselalger generellt sett är högre i vattenförekomster med flodpärlmussla. Däremot är båda medelvärdena, 29,7 respektive 38,6, ganska långt under 80, vilken är gränsen för ett mycket högt antal kiselalgstaxa (Kahlert, 2011). Därmed kan flodpärlmusslan som art inte indikera höga antal kiselalgstaxa.

Föryngring av flodpärlmussla verkar kunna säga något om statusen av den biologiska kvalitetsfaktorn kiselalger eftersom det fanns en positiv signifikant korrelation (0,371) mellan minsta funna mussla och status av IPS (se Tabell 10). Figur 5 visar att där föryngring sker (minsta funna mussla <50 mm) är statusen i IPS hög i samtliga fall utom ett. Detta öppnar upp för en möjlighet att använda föryngring av flodpärlmussla som komplement eller ersättare vid klassificering av kiselalgsstatus. Dock skulle det krävas fler undersökningar med fler observationer för att fastslå detta.

Vad gäller kiselalger verkar föryngring av flodpärlmussla även kunna säga något om surheten då det fanns en signifikant negativ korrelation mellan minsta funna mussla och status i ACID. Anledningen till det negativa sambandet kan vara att små musslor är känsligare för högre pH-värden och i Figur 6 syns att föryngringen framförallt snarare sker i vatten som är måttligt surt och nära neutralt än alkaliskt. Däremot är det tveksamt om föryngring av flodpärlmussla kan användas som en indikator på surhet eftersom analyserna med andra surhetsindex (VIX<sub>sm</sub> och MISA) inte gav några signifikanta resultat.

## 4.3 Fisk

För indexet VIX, som används vid statusklassificering, fanns inga signifikanta samband med föryngring av flodpärlmussla. Däremot fanns två signifikanta resultat för tre parametrar inom VIX, andel toleranta individer och Simpson index (Tabell 11). Eftersom flodpärlmusslan i ett tidigt livsstadium är beroende av öring och lax för sin överlevnad var det förvånande att det inte fanns något samband mellan minsta funna mussla och täthet av öring och lax. En möjlig förklaring skulle kunna vara att föryngringen beror på fler faktorer än tillgången på öring och lax. Dessutom har data kopplats ihop på vattenförekomstnivå vilket gör att provtagningarna av flodpärlmussla respektive fisk är tagna på olika platser i vattendragen. Även tidsskillnaden mellan provtagningarna kan spela in, då det på vissa platser kan ha funnits öring och lax när larverna utvecklades till musslor men att värd fiskarna sedan har minskat. När flodpärlmusslorna är 15-30 mm är de redan fyra till åtta år gamla (Larsen, 2005).



Andel toleranta individer verkar vara noll i fler fall där minsta funna mussla var under 50 mm jämfört med där det bara fanns större musslor. Detta stämmer överens med att flodpärlmusslan är en känslig art som lever i naturliga förhållanden eftersom toleranta individer är fiskarter som i större utsträckning tål exempelvis övergödning och hydrologisk påverkan (Beier *et al.*, 2007). Lax och öring räknas som intoleranta arter och eftersom inga signifikanta samband kunde hittas mellan intoleranta arter och minsta funna mussla är det även här svårt att säga något om kopplingen mellan föryngring och tillgången på lax och öring.

Medelvärdet på Simpson index är högst för minsta funna mussla 20-49 mm och lägst för minsta funna mussla <20 mm. Det verkar därmed inte finnas något tydligt samband mellan föryngring av flodpärlmussla och diversitetsmättet Simpson index för fiskarter.

#### 4.4 Slutsats

Studien ger inte stöd åt att flodpärlmussla kan användas vid expertbedömning av bottenfaunastatus vid biologisk statusklassificering eftersom inga signifikanta samband fanns mellan minsta funna mussla och DJ-index respektive MISA. För att slutgiltigt kunna bekräfta flodpärlmusslan som ersättare av bottenfauna skulle fler, liknande studier behövas. Ett större dataunderlag på flodpärlmusslan skulle ge möjlighet att exempelvis jämföra flodpärlmusselbeståndens status i livskraft med bottenfaunastatus.

Det signifikanta positiva sambandet mellan minsta funna mussla och IPS öppnar upp för en möjlighet att använda flodpärlmussla vid bedömning av ekologisk status. Mer forskning om relationen mellan kiselalger och flodpärlmussla vore därför intressant för utvecklingen av bedömningsgrunderna.

Flodpärlmussla är, i ett tidigt livsstadium, beroende av lax och öring för att föryngring ska kunna ske. Därför var det förvånande att inget samband mellan parametrar för öring och lax och minsta funna mussla hittades. Resultatet visar på att flodpärlmusslan har en komplex föryngringsprocess där många faktorer spelar in för dess överlevnad.

Flodpärlmusslan som art verkar kunna säga något om diversiteten av kiselalger och bottenfauna. Medelvärdena för antal kiselalgstaxa, bottenfaunataxa samt Simpson och Shannon för bottenfauna var högre i de vattenförekomster där flodpärlmussla fanns. Detta visar att det är högre diversitet i vatten där flodpärlmussla finns och ger stöd åt påståendet att flodpärlmussla indikerar biologisk mångfald.

## Referenslista

- Beier, U., Degerman, E., Sers, B. & Dahlberg, M. (2007). *Bedömningsgrunder för fiskfaunans status i rinnande vatten - utveckling och tillämpning av VIX*. Fiskeriverkets sötvattenslaboratorium. (Finfo; 2007:5).
- Bergengren, J., von Proschwitz, T., Lundberg, S., Söderberg, H. & Norrgrann, O. (2010). *Undersökningstyp: Stormusslor*. Naturvårdsverket. (Handledning för miljöövervakning).
- Cain, M. L., Bowman, W. D. & Hacker, S. D. (2011). *Ecology*. 2. ed Sunderland: Sinauer Associates Inc.
- Caruso, J., Christensen, A., Gunnarsson, F., Johansson, L., Kronholm, M., Lagergren, R., Nandorf, E., Petersson, J., Rimne, A., Salonsaari, J. & Vartia, K. (2013). *Hjälpreda för klassificering av ekologisk status i ytvatten - Kokbok för kartläggning och analys 2013-2014*. Vattenmyndigheterna i samverkan.
- Grandin, U., Goedkoop, W., Bråkenhielm, S. & Ecke, F. (2011). *Kurskompendium för kursen Miljöanalys*. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Hatton-Ellis, T. (2008). The Hitchhiker's guide to the Water Framework Directive. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18(2).
- Jarlman, A. & Kahlert, M. (2009). *Undersökningstyp: Påväxt i rinnande vatten – kiselalgsanalys*. Naturvårdsverket. (Handledning för miljöövervakning).
- Kahlert, M. (2011). *Framtagande av gemensamt delprogram "Kiselalger i vattendrag": Underlag för utformning av övervakningsprogram och verifiering av kiselalgsindex*. Karlskrona: Länsstyrelsen Blekinge län. (2011:6).
- Kahlert, M. (2014). Kiselalger. [Accessed 2014-05-26].
- Kahlert, M., André, C. & Jarlman, A. (2007). *Bakgrundsrapport för revideringen 2007 av bedömningsgrunder för Påväxt – kiselalger i vattendrag*. Institutionen för miljöanalys. Sveriges Lantbruksuniversitet. (2007:23).
- Krebs, C. J. (1989). *Ecological Methodology*. British Columbia: Harper Collins Publisher.
- Larsen, B. M. (2005). *Handlingsplan for elvemusling Margaritifera margaritifera i Norge - Innspill til den faglige delen av handlingsplanen*. Trondheim: Norsk institutt for naturforskning. (122).
- Lundberg, S. & Bergengren, J. (2008). *Miljöövervakningsstrategi för stormusslor - Utveckling av nationell miljöövervakning för sötvattenslevande stormusslor 2008. PM från Naturhistoriska riksmuseet*. Naturhistoriska riksmuseet. (Naturhistoriska riksmuseets småskriftserie; 2008:1).
- Länsstyrelsen Dalarnas län. *Fysisk påverkan*. [online] (2014). Available from: <http://www.lansstyrelsen.se/dalarna/Sv/miljo-och-klimat/vatten-och-vattenanvandning/vattenforvaltning/dalarnassjoarochvattendrag/Pages/fysisk-paverkan.aspx>. [Accessed 2014-05-27].
- Medin, M., Ericsson, U., Nilsson, C., Sundberg, I. & Nilsson, P.-A. (2002). *Bedömningsgrunder för bottenfauna*. Mölnlycke: Medins Sjö- och Åbiologi AB.
- Nationalencyklopedien. *taxon*. [online] (2014). Available from: <http://www.ne.se/lang/taxon>. [Ac-

- cessed 2014-05-27].
- Naturvårdsverket (2007). *Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon - En handbok om hur kvalitetskrav i ytvattenförekomster kan bestämmas och följas upp*. Stockholm: Naturvårdsverket. (2007:4).
- Naturvårdsverket. *Dataunderlag - Föryngring av flodpärlmussla*. [online] (2014a-03-26). Available from: <http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/Dataunderlag-for-indikator/?iid=57&pl=1&t=Land&l=SE>. [Accessed 2014-04-11].
- Naturvårdsverket. *Fördjupning - Föryngring av flodpärlmussla*. [online] (2014b-03-26). Available from: <http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/Fordjupning/?iid=57&pl=1&t=Land&l=SE>. [Accessed 2014-04-11].
- Naturvårdsverket. *Föryngring av flodpärlmussla*. [online] (2014c-03-26). Available from: <http://www.miljomal.se/Miljomalen/Alla-indikatorer/Indikatorsida/?iid=57&pl=1>.
- Olsson, U., Englund, J.-E. & Engstrand, U. (2012). *Biometri - Grundläggande biologisk statistik*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Von Proschwitz, T., Lundberg, S. & Bergengren, J. (2006). Guide till Sveriges stormusslor. Länsstyrelsen Jönköpings län, Naturhistoriska riksmuseet & Göteborgs Naturhistoriska riksmuseum.
- Sveriges Lantbruksuniversitet (2012). Kiselalger som miljöindikatorer - broschyr. Institutionen för vatten och miljö.
- Söderberg, H., Karlberg, A. & Norrgrann, O. (2008). *Status, tender och skydd för flodpärlmusslan i Sverige*. Härnösand: Länsstyrelsen Västernorrland. (2008:12).
- Vatteninformationssystem Sverige. *Förklaring av termer och begrepp*. [online] (2014a). Available from: <http://www.vattenmyndigheterna.se/Sv/bottenhavet/forvaltningsplan/ordlista/Pages/Ordlista.aspx>. [Accessed 2014-05-27].
- Vatteninformationssystem Sverige. *Konnektivitet*. [online] (2014b). Available from: <http://projektwebbar.lansstyrelsen.se/viss/Sv/detta-beskrivs-i-viss/statusklassning/ekologisk-statuspotential/hydro-kvalitetsfaktorer-ny/Pages/konnektivitet.aspx>. [Accessed 2014-05-27].
- Vattenmyndigheterna. *Vattenförvaltningens mål*. [online] (2014). Available from: <http://www.vattenmyndigheterna.se/Sv/om-vattenmyndigheterna/vattenforvaltningens-mal/Pages/default.aspx>. [Accessed 2014-04-11].
- Young, M. (2005). A literature review of the water quality requirements of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) and related freshwater bivalves. (ROAME No. F01AC609d). *Scottish Natural Heritage Commissioned Report 084*.