

Deformiteter hos oligochaeter i Vänern

Göran Milbrink och Lars Sonesten

SLU, Vatten och miljö: Rapport 2014:19

Referera gärna till rapporten på följande sätt:

Milbrink G. och Sonesten L. 2014. Deformiteter hos oligochaeter i Vänern.
SLU, Institutionen för vatten och miljö, rapport 2014:19.

Omslagsfoto: Kraftigt skadade ventrala borst hos *Potamothrix hammoniensis*
från Säterholmsfjärden. Foto: Göran Milbrink.

Tryck: Endast digitalt

Kontakt:

Lars.Sonesten@slu.se

<http://www.slu.se/vatten-miljo>

Innehåll

Förord.....	1
Sammanfattning	2
Summary	3
1 Bakgrund.....	4
1.1 Bottenfauna i Vänern i ett nära hundraårigt perspektiv	5
1.2 Sedimentkontaminering	5
1.2.1 Belastningen på sjön via punktkällor	7
1.3 Biologiska effekter som kan hota Vänerns ekologi	8
1.4 Konstaterade deformiteter hos oligochaeter i tidigare undersökningar.....	8
1.5 Analyshypoteser	9
2 Material och metoder	11
2.1 Valda stationer för uppföljning av miljösituationen	11
2.2 Analysmaterial	11
3 Resultat - allmänt och lokalt	13
3.1.1 Kattfjorden	16
3.1.2 Åsfjorden.....	16
3.1.3 Säterholmsfjärden	17
4 Diskussion.....	18
Referenser	19

Förord

Följande rapport är en utvärdering av en uppföljning av tidigare studier av missbildningar hos oligochaeter i Vänern och utgör en del i retrospektiva studier av bottenfaunan i Sveriges största sjöar. Göran Milbrink vid Evolutionsbiologiskt centrum vid Uppsala universitet har haft huvudansvaret för undersökningarna av de skador som redovisas här liksom vid de tidigare undersökningar som genomfördes under 1960- och 1970-talen. Arbetet har skett med finansiering av Vänerens vattenvårdsförbund.

Sammanfattning

Bottenlevande slamrörmaskar, oligochaeter, är känsliga miljöindikatorer i alla typer av vatten. I en retrospektiv studie har deformiteter hos oligochaeter från tre olika nordliga Vänervikar jämförts under en period med minskad antropogen belastning med avseende på näringsämnen och olika metaller. Stora mängder av miljöfarliga ämnen finns dock lagrade i de sediment som oligochaeterna lever i.

Resultaten från undersökningen visar på att de allra grävsta deformitetsformerna, dvs. groteskt förändrade ventrala borst, med tiden generellt sett har minskat i omfattning. Det finns däremot inga tecken på att lättare deformiteter har minskat nämnvärt annat än lokalt. Utöver de skador som noterades på ventrala borst vid tidigare undersökningar så noterades i denna undersökning även att deformiteter hos både dorsala och ventrala borst har tillkommit hos arten *Potamothrix hammoniensis* i samtliga tre fjärdar. Deformiteterna spänner mellan lättare och mer grava skador, där de lätta dominerar. Liknande skador hos dorsala borst har endast undantagsvis setts i tidigare material från Vänern.

Även om förekomsten av de mest grava deformiteterna har minskat, så visar resultaten på att de lättare skadorna inte har minskat noterbart under den undersökta perioden annat än på vissa provplatser. Detta skulle kunna tyda på att oligochaeterna fortfarande påverkas av upplagrade miljögifter i sedimenten.

Summary

Benthic oligochaetes are sensitive indicators of the water quality and various kinds of stress caused by hazardous substances. In a previous study from the early 1970's, grave external morphological deformities had been found in oligochaetes from three bays in the northern part of Lake Vänern, Sweden. In the present follow-up a new series of samples obtained from the same localities in 1975-1988 have been analyzed the same way. These samples represent a period of reduced anthropogenic impact from nutrients as well as various metals. However, large amounts of various environmental pollutants are still deposited in the sediments where benthic organisms like oligochaetes live.

The results show that the presence of the most severe malformations, i.e. gravely deformed ventral chaetae, have been reduced with time. Nevertheless, there are no general signs of reduced presence of more moderate deformities, even though there have locally been some reductions. In addition to the deformed ventral chaetae found in earlier investigations, this study has also revealed malformations of the dorsal pectinate chaetae (so-called crotchets) in the dominant oligochaete species *Potamothrix hammoniensis* in all three investigated bays. Previously malformations in dorsal chaetal bundles ranging from slight to severe abnormalities have only rarely been found in the lake. The study has also revealed that a second oligochaete species mostly characteristic of oligotrophic conditions, *Spirosperma ferox*, had a high proportion of deformed ventral chaetae.

Although the presence of severely malformed chaetae has been reduced, our study reveals that minor deformities have not been reduced to the same degree except at some localities. This is likely to be a result of exposure to various environmental pollutants deposited in the sediments.

1 Bakgrund

Bottenlevande slamrörmaskar, oligochaeter, har visat sig vara känsliga miljöindikatorer i alla typer av vatten – inte minst i de stora sjöarna i Sydsverige - Vänern, Vättern, Mälaren och Hjälmaren (Milbrink 1980). Under 2013 gjordes en sammanställning av alla artanalyser som utförts på oligochaet-material från Vänern, vilket omfattar material som har samlats in under nära 100 år. Analysarbetet utfördes av Göran Milbrink vid EBC på Uppsala universitet på uppdrag av Vänerns vattenvårdsförbund. Sammanställningen visade klart på hur näringsnivån i sjön har förändrats över tiden med en inledande eutrofiering och den därpå under 70- och 80-talen följande oligotrofieringen av sjön (Milbrink 2013). I detta fortsättningsprojekt undersöks om det finns kvarstående effekter av tungmetaller på bottenfaunan i industriellt exponerade fjordar, fjärdar och vikar i sjön. Bottenfaunan har tidigare uppvisat tydliga effekter av påverkan (Milbrink 1983). Det handlar i första hand om de grava morfologiska förändringar, deformiteter, hos bottenlevande oligochaeter som kunde konstateras i Kattfjorden, Åsfjorden, Säterholmsfjärden och Byviken omkring 1970 (Milbrink 1980, 1983). Det oligochaetmaterial från Vänerns randområden som har utgjort underlag till nuvarande uppföljningsstudie baseras på det bottenfaunamaterial som Naturvårdsverket och SLU samlat in under en lång följd av år med början 1975.



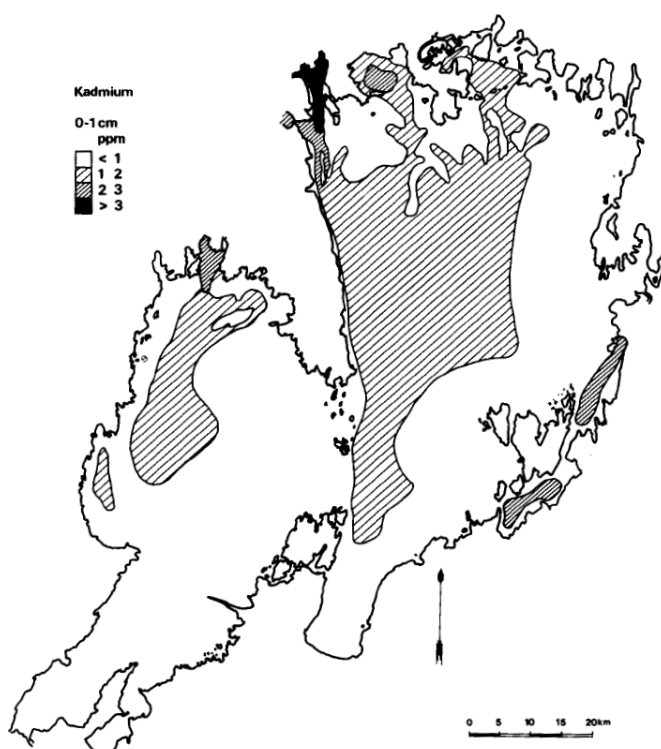
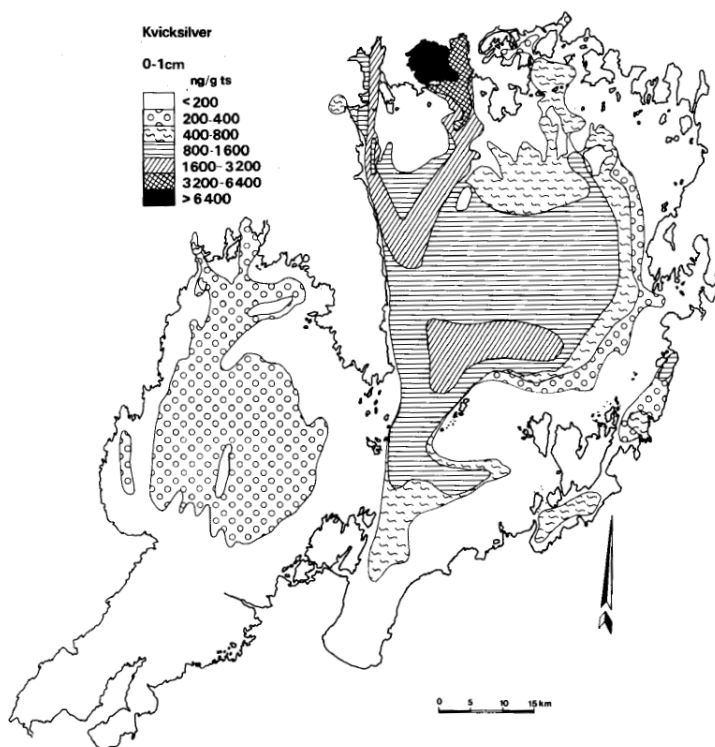
Figur 1. De undersökta vikarna i Vänerns nordliga del.

1.1 Bottenfauna i Vänern i ett nära hundraårigt perspektiv

De första bottenfaunaprovtagningarna, s.k. boniteringar, i Vänern gjordes 1922-1923 av Vallin och Söderström på uppdrag av dåvarande Vatteninspektionen och Fiskeristyrelsen. Dessa boniteringar berörde i huvudsak Norra Värmlandssjön, och avsikten var att belysa bottenfaunans betydelse som fiskföda. Senare under slutet av 1960-talet upprepades bottenprovtagningar i Vänern av Grimås för Naturvårdsverkets räkning, men nu i avsikt att belysa eutrofieringens inverkan på sjön. I slutet av 60-talet och början av 70-talet genomförde Institutet för Vatten och Luftvårdsforskning (numera IVL Svenska miljöinstitutet) i samma anda omfattande bottenfaunaprovtagningar i hela Vänern - främst i norra Värmlandssjön (IVL 1970, 1972). Provtagningarna gav en fördjupad information om miljösituationen i Vänern och 1975 startade Naturvårdsverket en uppföljande bottenfaunaundersökning baserad på IVL:s provtagningsnät i sjön. Utvalda provtagningspunkter i Kattfjorden, Åsfjorden och Säterholmsfjärden besöktes sedan med täta tidsintervall fram till och med 1988 (figurerna 1 och 4). Som en följd av IVL:s kartläggning av bottenfaunan i Vänerns norra randområden, särskilt i relation till industriella utsläpp, genomfördes också sedimentprovtagningar med åtföljande sedimentkemiska och hydrologiska analyser på stationer över hela sjön (Håkansson 1977).

1.2 Sedimentkontaminering

Vänerns ytsediment blev under 1900-talet starkt kontaminerade av industriella utsläppsprodukter, särskilt av kvicksilver, men även av kadmium, zink och bly (Håkansson 1977, 1978, samt figur 2). Kviksilver och kadmium anses vara bland de ekologiskt mest aggressiva metallerna. Enligt Håkansson (1975) är Vänern, särskilt Värmlandssjön, en av de mest kvicksilverförorenade större sjöarna i världen. I större delen av Värmlandssjön är kontaminationsgraden i storleksordningen 10-50 gånger de naturliga bakgrundsvärdena för kvicksilver och 2-5 gånger högre för såväl kadmium som zink (Håkansson 1977, 1978). Vid sedimentundersökningar utförda 2013 var såväl kvicksilverhalterna som halterna av kadmium och zink fortfarande på klart förhöjda nivåer i Byviken och Åsfjorden (Alcontrol 2013). Kviksilverhalterna var 5-10 gånger högre i ytsedimenten jämfört med djupare lager, medan kadmiumhalterna i Åsfjorden var fem gånger högre och zinkhalterna var tre gånger högre än i djupare sedimentskikt. För ytterligare detaljer angående regionala skillnader i kontaminationsgrad i Vänern för olika tungmetaller hänvisas till Wiederholm (1984). Därutöver kan inte synergistiska effekter mellan olika tungmetaller eller andra ämnen uteslutas, vilket komplicerar bilden ytterligare. Den generella spridningsbilden är att tungmetaller och andra miljöfarliga ämnen av organisk typ sprids över Värmlandssjön med de strömmar som vanligen går moturs i de två huvudbassängerna (Håkansson 1977).



Figur 2. Halterna av a) kvicksilver och b) kadmium i Vänerns yt-sediment (0-1 cm) vid mitten av 1970-talet (från Håkanson 1978).

1.2.1 Belastningen på sjön via punktkällor

Centrum för emissioner av kvicksilver har varit Skoghallsverken i Kattfjorden med sina klor-alkali- träförädlingsindustrier, men även andra träförädlingsindustrier vid Vänern såsom vid Gruvön, Slotsbron och Kyrkevik i Åsfjorden har också bidragit med kvicksilver och andra miljöskadliga avfallsprodukter (IVL 1972). IVL:s stora undersökningar i Vänern 1971 var främst koncentrerad till fjordar och fjärdar i norra Vänern (Kattfjorden, Åsfjorden och Säterholmsfjärden), samt till Byviken i Dalbosjön (här utsläpp från bl.a. Billeruds bruk). Stationsnätet och s.k. permanenta provtagningsrutor för intensivprovtagning var orienterade i förhållande till kända utsläppspunkter och man hade en förhoppning om att proverna skulle ge en tydlig bild av den rådande utsläppssituationen i sjön. Det kan erinras om att från utsläppspunkten från Skoghallsverken i Kattfjorden leder en naturlig djupränna ut i Värmlandssjön, vilket förklarar att även oligochaeterna på djupstationerna nr 60 - 63 utanför själva fjorden och nr 73 - 76 ytterligare längre ut mot öppna sjön visade grava deformiteter i såväl det äldre materialet som i det senare (jämför figur 4).



Skoghallsverken i Kattfjorden 1969. Den flytande "geggan" i förgrunden visar på den tidigare omfattande belastningen av näringsämnen och organiskt material i form av träfiberbankar i vattnet utanför verket. Foto: Hugo Hassel.

1.3 Biologiska effekter som kan hota Vänerns ekologi

Ser vi några biologiska effekter av de förhöjda halterna av tungmetaller i Vänerns sediment som hotar människor och djur i Vänerns närhet? De mest påtagliga effekterna av konstaterat höga metallhalter i botten-sedimenten är förhöjda halter av kvicksilver i fisk, vilket under 70-talet resulterade i regionala fiskeförbud och rekommendationer om att inte konsumera vissa fiskslag. I Åsfjorden och i de inre delarna av Säterholmsfjärden rådde det under den tiden totalförbud för fiskkonsumtion, likaså i Kattfjorden med undantag för lax och öring. Nära utsläppspunkter för industriella utsläpp har det vidare konstaterats att bottenfaunan kan saknas fullständigt (Wiederholm 1984). Andra tecken på att faunan har påverkats av tungmetaller och/eller andra industriella utsläpp är starkt deformerade borst hos bottenlevande oligochaeter i prover som togs av IVL i Kattfjorden 1969 och i hela Vänern under 70-talets början (Milbrink (1980, 1983). Något senare fann även Wiederholm (1984) deformerade mundelar hos larver av vissa fjädermyggarter (chironomider). Graden av deformiteter var starkt korrelerad till tungmetallhalter i sedimenten (Milbrink 1983). De funna deformiteterna var i många fall så allvarliga att de i hög grad måste ha påverka rörelseförmågan och födosökmöjligheterna hos de organismer som drabbats. Deformiteterna är samtidigt ett tecken på att djuren sannolikt inte mår bra. Det bör dock påpekas att riktigt grava missbildningar vanligen leder till att den drabbade organismen dör tämligen omgående genom svält eller dukar under genom predation, vilket innebär att dessa organismer sällan påträffas i miljöundersökningar. Som en sammanfattning av hela problemområdet hänvisas till Milbrink (1983).

1.4 Konstaterade deformiteter hos oligochaeter i tidigare undersökningar

Under 1969 och tidigt 70-tal analyserades samtliga tagna bottenprover med avseende på oligochaeternas artsammansättning, vilket gjort det möjligt att gradera miljöpåverkan och i vissa fall också specifik påverkan (Milbrink 1983). Därutöver konstaterades också grava deformiteter av oligochaeternas borst i bland annat Kattfjorden, särskilt hos arten *Potamothrix hammoniensis* (figurerna 3a och 3b - normala borst - och 3c, 3e-3h, samt 3j deformerade borst; Milbrink, 1983). Det visade sig att liknande deformiteter även kunde konstateras i Åsfjorden och Byviken, vilka också under lång tid varit exponerade för industriella utsläpp innehållande bland annat tungmetaller. Likaså i Säterholmsfjärden utanför Karlstad, påverkad av luftburna emissioner från Skoghallsverken, har sådana deformiteter påvisats. Resultaten publicerades av Milbrink i boken "Aquatic Oligochaete Biology" 1980 och i *Hydrobiologia* 1983. De grövsta formerna av deformiteter – klubblika ventrala borst - återfanns på de stationer som låg närmast kända utsläppspunkter för industriellt avfall i Kattfjorden, Åsfjorden och Byviken, medan mildare former – uppslitsade och onormalt uppslitsade ventrala borst - kunde ses i utkanterna av samma fjordar och fjärdar, samt i Säterholmsfjärden (Milbrink 1983). De generella slutsat-

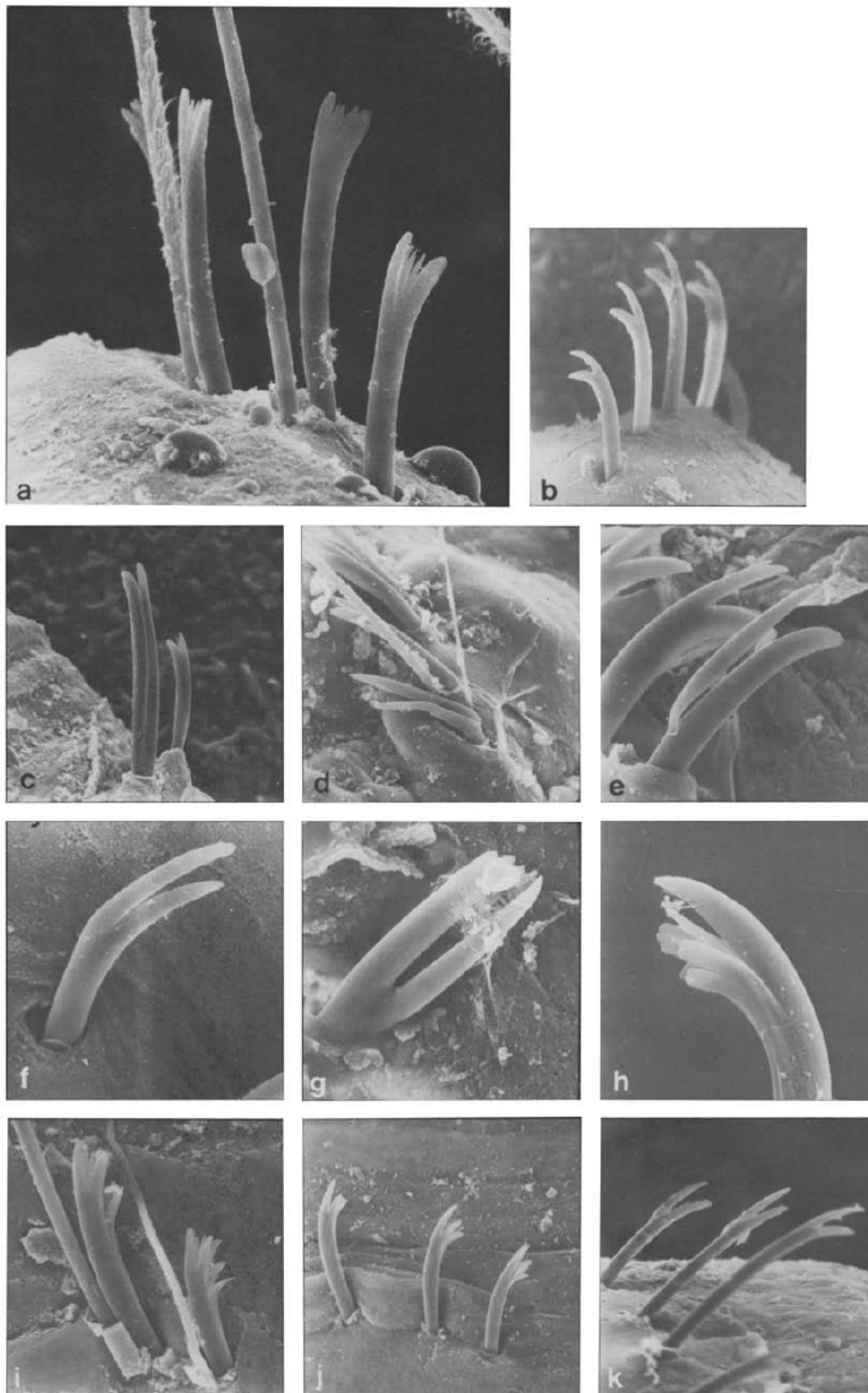
serna av de mildare formerna av deformiteter måste vara att påverkansgraden varit mindre.

I IVL:s material var det nästan enbart en art, *P. hammoniensis*, som visade prov på deformiteter. Arten är som regel förknippad med eutrofa förhållanden (Milbrink 1980) såsom i Säterholmsfjärden som är eutrofierad av utsläpp som kommit via Klarälven och från Karlstad med omnejd. Renvattensarten *Spirosperma ferox* var därför mycket sällsynt förekommande i materialet därifrån. Något förvånande visade också några enstaka köns mogna individer av den senare arten upp en mild form av deformiteter av den typ som beskrivits ovan.

När möjligheterna nu gavs att analysera det oligochaetmaterial som insamlats ända upp till 18-19 år efter IVL:s provtagningar i Vänern blev det självklart viktigt att kunna visa i vad mån giftpåverkan kvarstod.

1.5 Analyshypoteser

Genom en ständig utsedimentation av främst nyare och mindre kontaminerade sedimentpartiklar så är grundhypotesen att genom en utspädning av ackumulerade miljöfarliga ämnen i sedimenten så kommer de grövsta deformiteterna med tiden gradvis minska i frekvens eller rent av att försvinna fullständigt eller alternativt övergå i de mildare former som konstaterats i det tidigare materialet. Den andra hypotesen är att även de mildare formerna successivt skall försvinna på sikt. Självklart kan bioturbation, d.v.s. omlagring i sedimenten på grund av bottendjurens aktiviteter, påverka tillgängligheten av inlagrade miljögifter i sedimenten och måste ses som en svårbedömd faktor i sammanhanget. Den tredje hypotesen är att deformiteterna i huvudsak är begränsade till arten *P. hammoniensis*.



Figur 3. Svepelektronmikroskopiska (SEM) bilder på normala (3a-3b) och deformerade (3c-3h och 3j) främre ventrala borst ("bifids") hos *P. hammoniensis* i IVL:s bottenfaunamaterial från Vänern 1971 (från Milbrink 1983, återgivet med tillstånd av Springer Science+Business Media [With kind permission of Springer Science+Business Media]).

2 Material och metoder

2.1 Valda stationer för uppföljning av miljösituationen

Samtliga bottenprover som oligochaetanalyserna grundar sig på har tagits med en s.k. Ekman-hämtare med en provtagningsyta på c:a 225 cm². Varje prov har behandlats var för sig utan sammanslagningar, vilket är önskvärt ur statistisk synpunkt. IVL:s första bottenprovtagning i Vänern skedde i Kattfjorden i juni 1969 och utvidgades 1970. Nästkommande provtagningar som täckte en större del av Vänerns vikar och fjordar, samt vissa skärgårdspartier ägde rum i februari-mars 1971. Därefter i oktober – november samma år genomfördes provtagningar inom ett antal provrutor i fjärdar och fjordar, däribland två rutor i vardera Kattfjorden, Åsfjorden och Säterholmsfjorden (figur 4). IVL:s stationssystem har sedan använts vidare av Naturvårdsverket och sedermera av SLU på uppdrag av Naturvårdsverket för provtagningar vår och höst mellan åren 1975 och 1988. I Kattfjorden hade 4 stationer valts ut för uppföljning, i Åsfjorden 12 stycken och i Säterholmsfjärden 6.

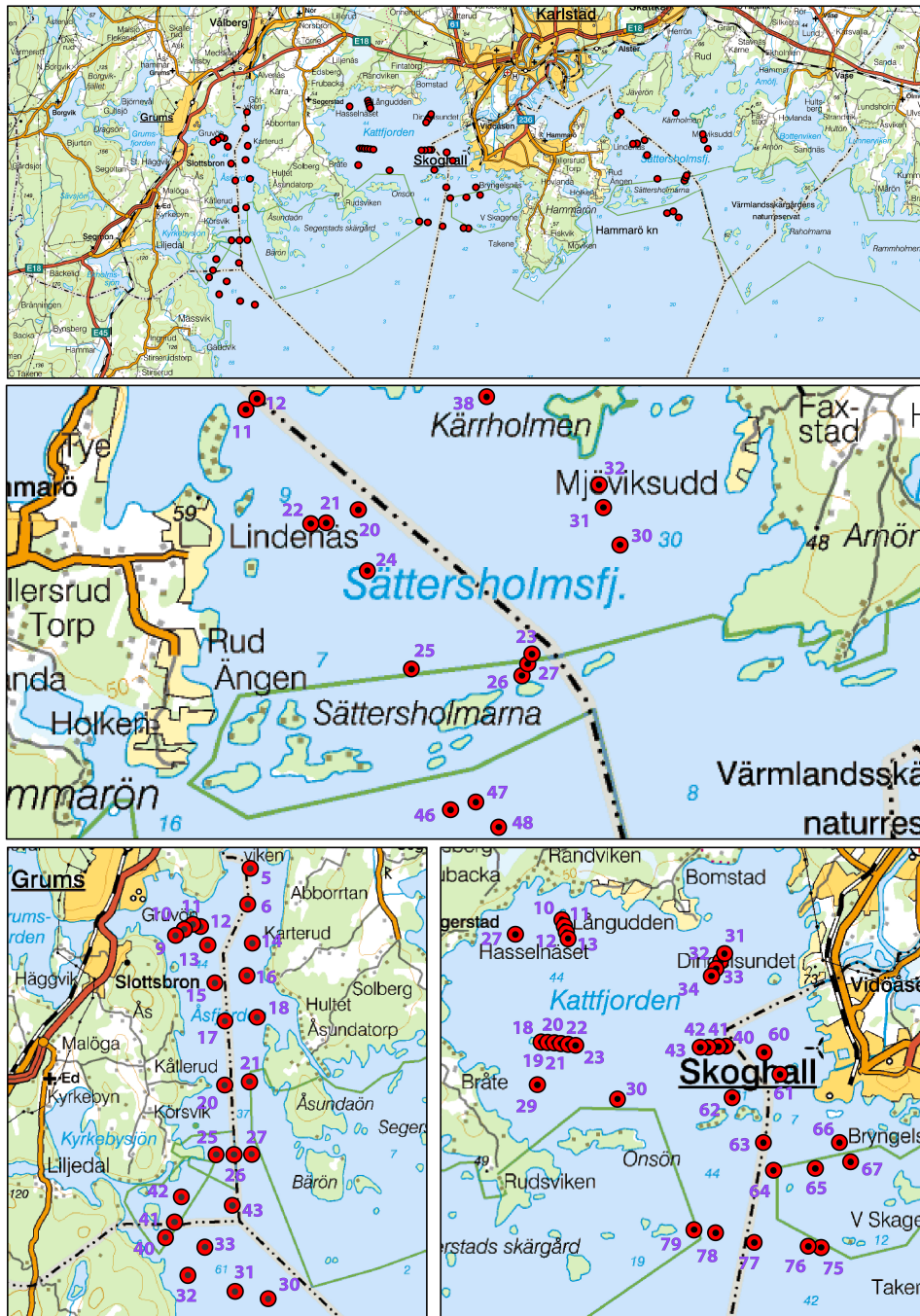
Flertalet prover kommer från 30-metersnivån. Ambitionen har varit att även analysera prover från grundare profundala bottnar i den mån sådana prover har funnits tillgängliga.

2.2 Analysmaterialet

De analyserade proverna har valts ut enligt vissa riktlinjer. Höstprover har genomgående valts före vårprover, eftersom en större andel djur då närmat sig är könsmognad och är därmed lättare att artbestämma. Dessutom har de äldre djuren i materialet rimligen då exponerats under en längre tid för tungmetalls- och annan miljöpåverkan. Det är genomgående de fullvuxna djuren som visar grava deformiteter, vilket kan förefalla naturligt med tanke på exponeringstiden. Alla djur, även icke könsmogna sådana, har om möjligt bestämts till art.

Totalt har 103 prover analyserats med avseende på artsammansättning och deformiteter. Av dessa kommer 12 stycken från Säterholmsfjärden, 53 prover är från Åsfjorden och 38 prover från Kattfjorden. Varje prov har analyserats vid minst två tillfällen, den första analysen för att utröna om deformiteter fanns i materialet och i så fall vilken deformitetsgrad det varit fråga om, samt med vilken frekvens den i så fall har förekommit. Den andra analysen har gjorts för att ge den korrekta artsammansättningen i provet.

Från Säterholmsfjärden förelåg endast prover från 1975 och 1976. I proverna från sistnämnda år hade dessvärre oligochaeterna av någon anledning redan plockats ut för montering på glas. Tyvärr har dessa inte återfunnits, utan i stort sett har enbart oligochaeter från hösten 1975 kunnat plockas ut för montering och analyser. Två prover från hösten 1976 analyserades dock av undertecknad samma år.



Figur 4. Undersökta provplatser i Kattfjärden, Åsfiorden och Säterholmsfjärden baserat på IVL:s stationsangivelser från 1971 (IVL 1972).

Senare prover från Säterholmsfjärden finns enligt uppgift inte. Från Åsfiorden och Kattfjärden finns däremot material att tillgå från hela perioden 1975 till slutet av 80-talet med utmärkta förutsättningar för att avgöra hur mängden och graden av miljöinducerade missbildningar förändras med tiden.

Faktaruta - Deformitetsklassningar

Både i nuvarande undersökning och i tidigare studier av Milbrink (1980, 1983) visade sig deformiteter främst uppträda hos *Potamothrix hammoniensis* men till en del även hos renvattensarten *Spirosperma ferox*. **Dessa deformiteter har kategoriserats i två huvudklasser där klass I rymmer kraftigt deformerade och klass II lätt deformerade ventrala borst.** I nuvarande undersökning har ytterligare deformiteter tillkommit som i lika mån förekommer hos dorsala (rygg) borst, så kallade crotchets, som hos ventrala (buk) borst. De dorsala hårborsten tycks dock inte alls ha påverkats. Sådana exemplar med skadade dorsala borst betecknas nu med **klasstillägget (d+v)**, där **d** står för **dorsal** och **v** för **ventral**. Enstaka lätt deformerade dorsala borst (crotchets) kunde förvisso ses också i tidigare material men var då inget påtagligt inslag

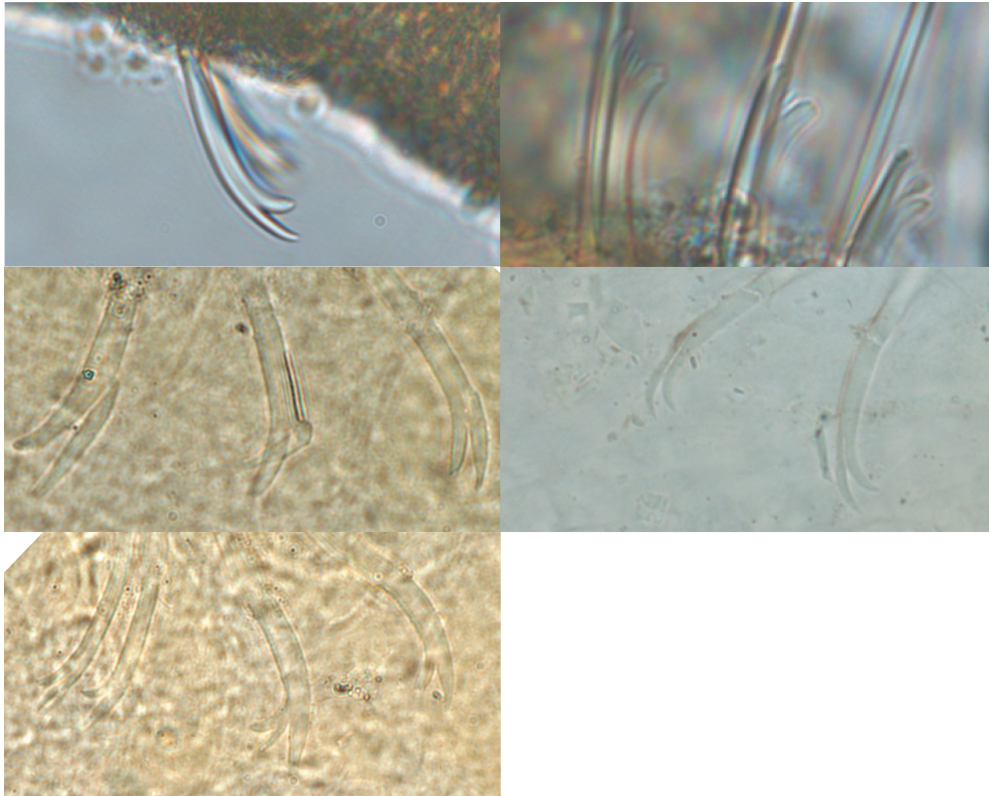
Klass I: främre ventrala, som regel alltid tvåtandade, borst med kraftiga deformiteter, alltifrån klubblika, med all sannolikhet oanvändbara borst för att kunna transportera sig framåt eller för att kunna ta spjörn mot gångarnas vägar, till förändrade borst där borstets övre borte skänkel är delvis avskild från borstet i övrigt. Borst kan också vara mycket djupt slitsade/urnupna och till synes utan stadga. De allvarligaste klubblika förändringarna påminner mycket om de skador på människofoster som vi lärt känna genom den så kallade neurosedynskandalen. För exempel se figurerna 3g och 5c.

Klass II: främre ventrala borst har tänderna uppfransade och uppslitsade på ett osammanhängande vis – microvilli "spretar" åt alla håll - som torde göra borsten mer eller mindre obrukbara för riktade rörelser. Förknippas med något mindre grad av påverkan. För exempel se figurerna 3h och 5e.

Det nyttillkomna klasstillägget (d+v) har både främre dorsala och ventrala borst mer eller mindre kraftigt deformerade. Merparten visar mildt deformerade borst motsvarande klass II, medan andra är mer gravt skadade typiskt för klass I (jämför figurerna 6a och 6b). Dessa deformiteter torde påtagligt påverka transporten framåt på ett negativt sätt. Denna typ av deformiteter har tidigare endast setts vid ytterst få tillfällen i IVL:s material, vilket i sig är anmärkningsvärt.

3 Resultat - allmänt och lokalt

Analysresultaten visar på fyra saker. **För det första:** De allra grövsta deformitetsformerna – groteskt förändrade ventrala borst - har med tiden uppenbart generellt minskat i omfattning. Det kan i och för sig ha att göra med att de stationer som IVL

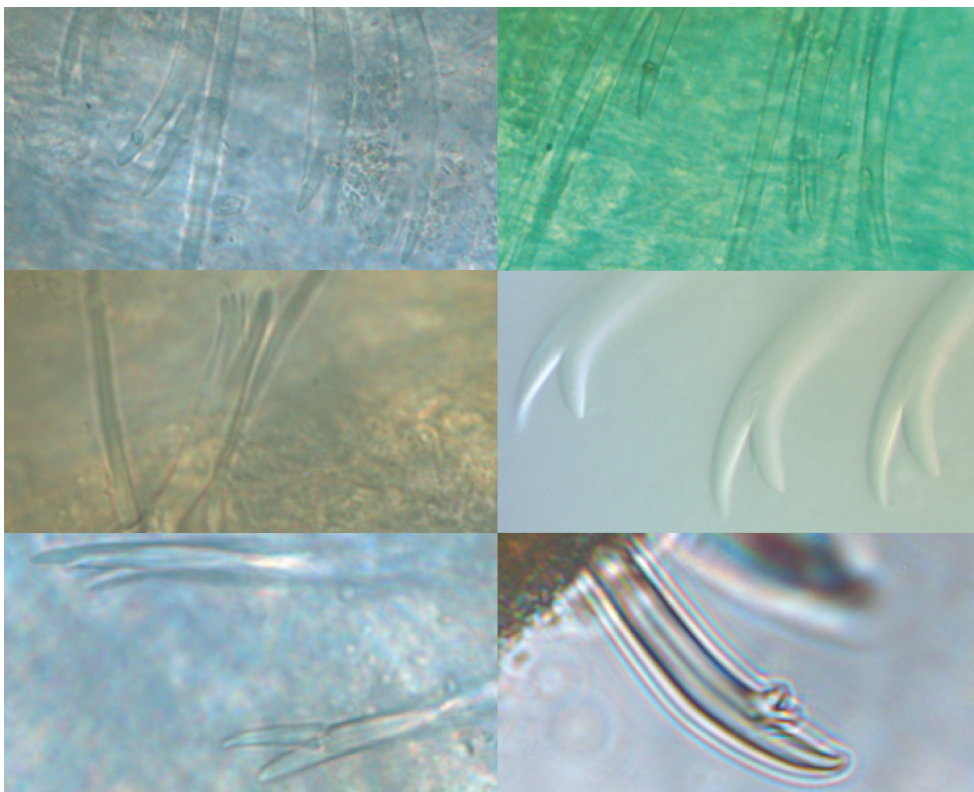


Figur 5. Ljuskroskopiska detaljer visande exempel på normala och deformerade främre ventrala ("bifids") och dorsala ("crotchets") borst hos *P. hammoniensis* i bottenfaunamaterial från Vänern 1975-1988. Figur 5a) visar normala ventrala borst och 5b) normala dorsala borst. Figureerna 5c) och 5d) är starkt deformerade ventrala borst (klass I) och 5e) är mildt deformerade ventrala borst (klass II).

förlade närmast utsläppspunkterna för industriella utsläpp och som där visat de grövsta deformiteterna (klass I) möjligen inte exakt har återfunnits. Den generella bilden är emellertid att minskningen är reell. Utanför egentliga Kattfjorden vid stationerna 63 och 76 ser vi dock ingen förändring (jämför figur 4).

För det andra: Det finns däremot inga tecken på att de lättare deformiteterna av typ klass II har minskat nämnvärt annat än lokalt (se nedan) Tvärtom förekommer den typen av deformiteter i till synes oförändrad utsträckning på de flesta lokaler som undersökts.

För det tredje: De könsmogna individer av renvattensarten *Spirosperma ferox* som identifierats i Kattfjorden och i Åsfjorden, framför allt under sent 80-tal, uppvisar delvis grava deformiteter hos främre ventrala borst av typen klass I eller mildare sådana av klass II. Så var inte fallet tidigare. Dorsala borst verkar däremot inte ha påverkats alls. I proverna från 1971 från sjöns norra randområden, samt i Byviken från norra Dalbosjön var överhuvudtaget renvattensarter såsom *Stylodrilus heringianus* och *Spirosperma ferox* mera ovanligt förekommande. Endast några få



Figur 6. Figuren är en fortsättning på figur 5 med den skillnaden att också bilder av *S. ferox* finns med. Figureerna 6a) och 6b) exempel på starkt deformerade dorsala borst hos *P. hammoniensis*, medan 6c) är exempel på ett mildt deformerat dito ("crotchet"). Figur 6d) är ett normalt ventralt borst hos *S. ferox*, medan 6e) visar ett starkt deformerat, samt 6f) ett mildt deformerat ventralt borst hos samma art.

köns mogna exemplar av *S. ferox* i proverna därifrån (Säterholmsfjärden) visade då tecken på deformiteter, mest av typ klass II. I föreliggande material är inslaget av dessa två renvattensindikatorer fortfarande relativt lågt, men en majoritet av de individer av *S. ferox* som närmast sig köns mognad har uppvisat deformiteter av typ klasserna I och II.

För det fjärde: Deformiteter med klasstillägget (d+v), dvs. med deformiteter hos både dorsala och ventrala borst har tillkommit hos *Potamothenis hammoniensis* i såväl Kattfjorden, Åsfjorden som Säterholmsfjärden. Denna form av deformiteter spänner mellan lättare och mer grava sådana, där de lätta deformiteterna dominerar. Deformiteter hos dorsala borst har alltså bara undantagsvis setts i tidigare material från Vänern.

Totalt har proverna innehållit 11 oligochaetararter, vilket är jämförbart med det som återfanns i 1971 års material. Artsammansättningen är i stort sett densamma som tidigare med undantag för att på de östligaste och yttre lokalerna i Åsfjorden (stationerna 18-25 i figur 4), samt vid de yttre stationerna i Kattfjorden (stationerna 63 och 76 i figur 4) har inslagen av syrekrävande arter såsom *Stylodrilus heringianus*,

Spirosperma ferox och *Psammoryctides barbatus* ökat märkbart. Vätern har genomgått en tydlig oligotrofiering sedan 70-talet i takt med utbyggandet av avloppsreningsverk runt sjön, vilket återspeglas i större inslag av dessa syrekrävande oligochaetarter i hela sjön (Milbrink 2013).

3.1.1 Kattfjorden

IVL:s prover från 1969-71 visade att Kattfjorden var starkt påverkad av både eutrofiering och miljögifter. Artsammansättningen i föreliggande material dominerades på samtliga stationer av eutrofi-indikatorer såsom *P. hammoniensis* och *Limnodrilus hoffmeisteri*. Andra eutrofi-indikatorer som ofta åtföljer de två förstnämnda är *Aulodrilus plurisetus* och *Tubifex ignotus*. I de grundare partierna i nordvästra delen av fjorden kunde man däremot finna betydande inslag av syrekrävande arter, främst *S. ferox*. Stationerna 34 och 44 (se figur 4), strax väster om utsläppspunkten från Skoghallsverken, visade på lokalt starkt eutrofa förhållanden, och arterna *P. hammoniensis* och *L. hoffmeisteri* var närmast totalt dominerande. Trofi-situationen tycks inte ha förändrats sedan den tiden. På de yttre stationerna i Kattfjorden, dvs. stationerna 63 och 76 strax utanför den serie öar som avgränsar fjorden från själva Värmlandssjön, kan man i underliggande tabellmaterial ana att andelen *S. ferox* ökat mellan 1975 och 1986. Detta torde vara ett tecken på nämnda återhämtning/oligotrofiering som skett i Värmlandssjön sedan 70-talets början (Milbrink 2013).

Deformiteter av typ klass I, d.v.s. kraftigt deformerade ventrala borst hos *P. hammoniensis*, var 1969-71 vanligt förekommande i Kattfjorden nära utsläppspunkten från Skoghallsverken och längs den djupfåra som går söderut ut mot Värmlandssjön (figur 4). De kraftiga deformiteterna var 1975 fortfarande relativt allmänt förekommande på de stationer som sedan följts upp, d.v.s. stationerna 34, 44 nära utsläppspunkten, samt 63 och 76 nära nämnda djupfåra söderut (figur 4). De allra mest groteska morfologiska förändringarna som förekom i hög frekvens i IVL:s material har emellertid minskat eller nästan försvunnit i senare material från egentliga Kattfjorden (stationerna 34 och 44), medan de funnits kvar i viss utsträckning utanför fjorden (stationerna 63 och 76) liksom i Åsfjorden (se nedan).

De grövsta deformiteterna (klass I) i föreliggande material påträffades 1975 på station 44 (jämför figur 4), men har inte påträffats där senare. Vidare har grava deformiteter återfunnits på station 63 (1983) och på station 76 (1979-86). Nämnas bör att 1979 – 1986 återfanns klass I - och klass II - deformiteter även hos *S. ferox* på de sist nämnda stationerna. Deformiteter hos *P. hammoniensis* med klasstillägget (d+v) konstaterades också på station 63 (1977), samt på station 76 (1979, 1980 och 1983).

3.1.2 Åsfjorden

Artsammansättningen av oligochaeter i IVL:s material från Åsfjorden 1971 indikerade pågående eutrofiering och en påverkan av miljögifter. Här har det förekommit

utsläpp av en mångfald miljöfarliga ämnen under lång tid (IVL 1972). Det är inte enbart fråga om utsläpp från pappersmassaindustrier, utan även i den inre delen av fjorden zink-haltiga utsläpp från Svenska Rayon i Älvenäs (IVL 1972). De dominerande eutrofi-indikatorerna på samtliga stationer var liksom i Kattfjorden *P. hammoniensis* och *L. hoffmeisteri*. Bilden är närmast oförändrat densamma i föreliggande material från Åsfjorden 1975-1988, men med den skillnaden att syrekrävande arter nu börjar visa sig (se nedan). Andra eutrofi-indikatorer, fastän mindre frekventa i materialet, är *A. plurisetia* och *T. ignotus*. En tredje sådan art på undanskymd plats är *Ilyodrilus templetoni*. På de djupa stationerna 5 och 6 (se figur 4) återfanns 1975-1978 också *Tubifex tubifex* som är en art som paradoxalt nog är karakteristisk för såväl starkt eutrofierade som oligotrofa miljöer (Milbrink 1980; Anlauf & Neumann 1997).

Under 1985 och 1988 började de syrekrävande arterna *Spirosperma ferox* och i någon mån *Stylodrilus heringianus* visa sig i materialet på stationerna 18 och 20 (se figur 4) i de mellersta partierna av fjorden – ett tydligt tecken på att generell utökad avloppsrening under 70-talet har haft en positiv inverkan på vattenmiljön.

Deformiteter av typ klass I syntes allmänt 1971 på stationer nära kända industriella utsläpp (särskilt stationerna 5 – 13 och 40 – 42, se figur 4). Klass II-deformiteter var allmänt förekommande på samtliga stationer. Båda typerna av deformiteter hos *P. hammoniensis* var vanliga på stationerna i fjordens mellersta, östra del under åren 1975 – 1980 (1985), men syntes däremot inte i proverna från 1988. Liknande gäller för stationerna 6 och 9 i fjordens innersta delar (se figur 4). Underlaget är emellertid en aning svagt för att möjliggöra säker bedömning. I proverna från stationerna 2, 5 och 6 (se figur 4) i Åsfjordens innersta norra del syntes hos *P. hammoniensis* 1975 och 1978 deformiteter även hos de dorsala borsten (klasstillägg d+v).

Deformiteter av typ klasserna I och II kunde 1988 även ses hos *P. ferox* som då, som tidigare nämnts, visat sig i materialet.

3.1.3 Säterholmsfjärden

Artsammansättningen av oligochaeter i IVL:s material från Säterholmsfjärden 1971 indikerade eutrofiering och toxisk påverkan. I det relativt begränsade materialet från 1975 (och 1976) var liksom tidigare eutrofi-indikatorerna *P. hammoniensis* och *L. hoffmeisteri* nästan allenarådande på de inre stationerna 1 – 5 (jämför figur 4) och i mellersta Säterholmsfjärden på station 21. På station 46 i fjärdens yttre delar återfanns också renvattensarten *S. heringianus*. Tillkomsten av syrgaskrävande arter i yttre delarna av fjärden och utanför densamma mot Värmlandssjön känns igen från artsammanställningen i Milbrink (2013).

De inre stationerna i föreliggande material från 1975 kännetecknas av en stor andel deformiteter hos *P. hammoniensis*. Båda deformitetsklasserna är representerade i materialet. I två av proverna från stationerna 1 och 2 (1975) var deformiteter av typ klass I särskilt vanligt förekommande (stationerna är inte angivna i figur 4). Hos *P.*

hammoniensis var nu liksom i Kattfjorden och Åsfjorden deformiteter vanligt förekommande även hos de dorsala borsten (klasstillägg d+v).

4 Diskussion

Artsammansättningen av profundalt levande oligochaeter ger som regel en god bild av den rådande miljösituationen (Milbrink 1980). I föreliggande material är den kvalitativa bilden tämligen klar likaså de kvalitativa förändringarna i artsammansättningen över tiden som speglar den oligotrofiering som Vänerns kustområden genomgått sedan 70-talet. Missbildningarna hos en stor del av djuren talar likaså sitt tydliga språk, även om vi inte i detalj känner till hur kopplingen är till tungmetaller och andra miljögifter i miljön. Man bör emellertid avstå från att dra alltför långtgående slutsatser om trender i materialet, eftersom antalet parallella prov som analyserats av praktiska och ekonomiska skäl är något begränsat.

Fastän grava deformiteter fortfarande fanns kvar i oligochaetmaterialet så sent som 1988 är det ett faktum att de allra grövsta formerna har minskat i förekomst. Något förvånande kvarstår mer eller mindre oförändrat de mildare formerna av typ klass II. Lokalt kan man emellertid skönja förbättringar även av de mildare formerna av deformiteter såsom på stationerna 34 och 44 i Kattfjorden och på stationerna 6 och 9 i Åsfjorden. Man kunde annars förvänta sig att missbildningarna skulle avta i frekvens med tiden med tanke på sedimentation av nytt mindre kontaminerat material och därmed en utspädning av eventuella deponerade gifter. Bioturbation från bottendjurens sida medverkar å andra sidan sannolikt till omblandning i sedimenten och därmed exponering av tidigare deponerade miljögifter såsom de olika tungmetallerna. Livslängden hos oligochaeter är också en faktor att ta hänsyn till. Denna kan vara betydande vilket självklart kan leda till lång tids exponering mot tungmetaller i sedimenten. Från sjön Esrom i Danmark vet man att livslängden hos *Potamothrix hammoniensis* kan vara ända upp till 7 år (Jonason & Thorhauge 1972), vilket även bekräftas från studier i Estland (Tarmo Timm, muntlig information). Å andra sidan har man inte under laborativa förhållanden (på IVL, men även internationellt) kunnat uppmäta särskilt stora förhöjningar i metylkvicksilverhalter i exponerade oligochaeter (Milbrink 1983).

På de djupaste bottarna i Väneren, liksom i många andra svenska sjöar - på djup från c:a 40 m och neråt, är arten *T. tubifex* vanligt förekommande. Arten förekommer i såväl eutrofa och mycket syrefattiga som i opåverkade, syrerika miljöer (Milbrink 1980). Arten kan sålunda allmänt förekomma tillsammans med *P. hammoniensis* och *L. hoffmeisteri* i eutrofa sammanhang och tillsammans med *Spirosperma ferox* och *Stylodrilus heringianus* i oligotrofa sammanhang, t.ex. i Vättern och i de öppna delarna av Storväneren. Detta kan förefalla egendomligt. Enligt senare rön kan arten tänkas bestå av flera genetiskt åtskilda varianter möjligen med

olika miljökrav (Anlauf & Neumann, 1997). En iakttagelse är att i IVL:s material från Vänerns fjordar och fjärdar var *T. tubifex* klart mera vanligt förekommande än i föreliggande material. En förklaring kan vara att i det senare materialet ligger de utvalda stationerna som regel på djup mellan 30 och 35 m och få stationer ligger djupare än 40 m. Det kan ibland vara svårt att med säkerhet artbestämma könsligt omogna individer av *T. tubifex* och *P. hammoniensis* men detta har sannolikt inte varit av avgörande betydelse i det här fallet.

De uppställda hypoteserna kan bara delvis bekräftas. Hypotes 1 har sålunda kunnat bekräftas, dvs. de grövsta formerna av deformiteter benämnda klass I har klart minskat under de nära 20 år som studien omfattar, men de har däremot inte försvunnit helt. Hypotes 2 måste däremot förkastas, då de mildare formerna av deformiteter benämnda klass II inte visar några tecken till att nämnvärt minska annat än lokalt under den undersökta tidsperioden. Tvärtom förekommer denna typ av deformiteter på alla stationer nära de historiskt kända industriella utsläppskällorna. Dessutom har som tidigare nämnts ytterligare en form som fått klasstillägget (d+v) tillkommit i föreliggande material, där även de främre dorsala borsten ("crotchets") - dock ej hårborsten -, delvis är kraftigt förändrade. Den typen av deformiteter förekommer i alla delområdena och har, som nämnts, endast undantagsvis iakttagits tidigare. Förklaring till detta saknas för närvarande.

Enligt en tredje hypotes skulle de morfologiska förändringarna i huvudsak vara begränsade till arten *P. hammoniensis*. Så var inte fallet, och även denna hypotes måste således förkastas. I föreliggande material förekommer motsvarande deformiteter (klasserna I och II) mera allmänt även hos renvattensindikatorn *S. ferox* som kommit att öka i frekvens under 80-talet i Vänerns tidigare belastade randområden.

För närvarande saknas alltså direkta förklaringar till att dels frekvenserna av deformiteter av klass II inte minskat nämnvärt, samt dels den mera allmänt konstaterade förekomsten av deformiteter även hos främre dorsala borst hos *P. hammoniensis*. Det vore onekligen mycket intressant att få möjlighet att analysera eventuella bottenprover som tagits i Vänerns norra randområden efter 1988. Har minskningen av deformiteter tagit fart på allvar under senare år, något som i så fall skulle återspegla en slutlig tillfriskning av Vänern?

Referenser

- Alcontrol 2013. Sedimentundersökning i Byviken, Åsfjorden och Hammarösjön i Vänern i maj/juni 2013. Vänerns vattenvårdsförbund, rapport 76.
- Anlauf, A. & Neumann, S. 1997. The genetic variability of *Tubifex tubifex* (Müller) in 20 populations and its relation to habitat type. *Arch. Hydrobiol.* 139:145-162.

- Håkansson L. 1975. Kvicksilver i Vänern – nuläge och prognos. Statens naturvårdsverk PM 563, 121 sid.
- Håkansson L. 1977. Sediments as indicators of contamination – investigations in the four largest Swedish lakes. Statens naturvårdsverk PM 839, 159 sid.
- Håkansson L. 1978. Bottnar och sediment. Sid. 75-98 i ”Vänern – en naturresurs”. Statens naturvårdsverk, ISBN 91-38-03898-6.
- IVL 1970. Undersökning av bottenbeskaffenhet och makroskopisk bottenfauna i Kattfjorden och angränsande delar av Värmlandssjön (juni 1970), 17 sid.
- IVL 1972. Bottenundersökningar i Vänerens Kustområden, 1971. Rapport från etapp I. IVL Rapport B 120, 116 sid.
- Jonason P.M. & Thorhauge T. 1972. Life cycle of *Potamothrix hammoniensis* (Tubificidae) in the profundal of a eutrophic lake. *Oikos*, 23:151-158.
- Milbrink G. 1980. Oligochaete communities in pollution biology: the European situation with special reference to lakes in Scandinavia. In Brinkhurst, R.O. & Cook, D.G. (eds.). *Aquatic Oligochaete Biology*. Plenum Publishing Corporation. N.Y. Sid. 433-455.
- Milbrink G. 1983. Characteristic deformities in tubificid oligochaetes inhabiting polluted bays of Lake Vänern, Southern Sweden. *Hydrobiologia* 106:169-184.
- Milbrink G. 2013. Oligochaetsammansättningen och miljöövervakning i Vänern i ett längre perspektiv. Rapport till Vänerens vattenvårdsförbund, 4 sid.
- Wiederholm T. 1984. Incidence of deformed chironomid larvae (Diptera: Chironomidae) in Swedish lakes. *Hydrobiologia* 109:243-249.