



2017-11-21

Vandrarmusslan: en biologisk miljöindikator



Anton Norling

ARLANDAGYMNASIET

Handledare: Henrik Wilmar, Matz Norling, Peja
Snöbohm, Johan Lindell

Innehåll

Handledare: Henrik Wilmar, Matz Norling, Peja Snöbohm, Johan Lindell	1
Abstract.....	3
1. Inledning	4
1.1 Syfte och frågeställning.....	4
1.2 Metod och material	4
2. Bakgrund	5
2.1 Vandarmusslan som art.....	5
2.2 Vandarmusslans filtrerande funktion.....	5
2.3 PCB – Polyklorerade bifenyler.....	5
2.4 Mälaren.....	6
2.5 Oxundasjön	6
2.6 Dioxiner	6
3. Utförande.....	7
3.1 Urval	7
3.2 Metoder	7
3.3 Utrustning	7
3.4 Genomförandet	8
4. Resultat	9
4.1 Presentation av resultat.....	9
4.2 Urval och avgränsningar	9
4.3 Sammanfattning av resultat.....	10
5. Diskussion	11
5.1 Utvärdering av arbete	12
5.1.1 Utvärdering av resultat	12
5.1.2 Metod.....	12
5.1.3 Fortsättning.....	13
Källförteckning	14
Bilagor	16

Abstract

The purpose of this investigation was to find out if the invasive species zebra mussel can be used as a biological environmental indicator for dioxins and various PCB toxins. The mussel that had lived its whole life in the polluted water was investigated for if it could show signs of the fat stored toxins in its fat reserves in tests.

Mussels were picked up from various test locations and was divided in to size groups between 18 – 22 mm. The soft parts of the clam were separated from the shell and was sent to test how high the PCB and dioxin levels was. Dioxin tests was only made on 2 locations.

The tests showed results on all the locations for PCB but showed significantly bigger results for Steningeviken and Rosersbergsviken. Steningevikens results could be related to the polluted Märsta creek but more tests should be executed to know. Rosersbergsviken could be connected to Oxundasjön because both of their top 3 PCB toxins are the same. The Dioxinlevels stand out as well in Rosersbergsviken which could be related to Oxundasjön as well because dioxins and PCB have some similar abilities and should have the same source.

The conclusion is that the investigation was successful and that the mussel is a biological environmental indicator but more tests should be tested to get a broader look on its accuracy. The conclusion also concludes that Steningeviken and Rosersbergsviken is the most affected locations from the toxins and should be the main concern in future attempts to solve the problem and find the source of it.

Abstract (Swedish)

Syftet med denna undersökning var att ta reda på ifall den vandarmusslan går att använda som en biologisk miljöindikator för dioxiner samt diverse PCB gifter. Det undersöktes ifall musslan som levtt hela sitt liv i det förorenade vattnet kunde visa på halter av fettlagrade gifter i sina fettreserver på prover.

Musslor plockade upp på diverse provtagning platser och delades in i storleksgrupper från 18 - 22 mm. Mjukdelar plockades ur och skickades för att undersöka hur stora PCB halter samt dioxinhalter som fanns. Dioxin prover gjordes bara på två platser

Testerna visade utslag på de flesta platserna på PCB undersökningen men visade stora utslag för Steningeviken och Rosersbergsviken. Steningevikens resultat gick att förknippa med den förorenade Märsta ån men mer tester bör göras för att få fram säkrare svar. Rosersbergsviken kan kopplas till Oxundasjön då deras topp 3 PCB är samma. Dioxinvärderna står även ut för just Rosersbergsviken vilket också går att dra en parallell till Oxundasjön då de delar egenskaper med PCB och bör därför ha samma källa.

Slutsatsen lyder att undersökningen lyckades och musslan visar sig vara en biologisk miljöindikator men mer tester bör göras för att få en bredare syn på dess säkerhet. Slutsatsen lyder även att Steningeviken och Rosersbergsviken är de hårdast drabbade och bör vara de man lägger mest tid på i framtiden för att lösa problemet och finna källan.

1. Inledning

Mälaren är Sveriges tredje största sjö och är även 2 miljoner människors vattenupptagningsområde i Stockholmsområdet. Trots dess signifikanta betydelse för en 5e del av den svenska befolkningen så har Mälaren fått ta en hel del stryk från föroreningar och utsläpp under åren. Föroreningar som PCB och Dioxiner har hittats i sjön under senare tid, trots förbud mot användning av ämnen där dessa ingår i. Då det krävs en hel del pengar och försiktighetsåtgärder för att bara samla in prover att kunna testa på Sveriges vatten så är följande tillvägagångssätt billigare och enklare att samla in. I en värld där pengar styr allt och naturen ofta prioriteras ned så kan det här leda till ett nytt billigare tillvägagångssätt att använda i framtida undersökning.

1.1 Syfte och frågeställning

Syftet med denna undersökning är att få vetskap ifall den invandrande vandrarmusslan går att använda som en miljöindikator i Mälarens vatten. Med förorenade vatten som är ett högt prioriterat problem i dagens miljöperspektiv så är Vandrarmusslan i teorin en bra indikator på hur illa läget är. Tanken är att med dess filtrerande förmåga ska ta upp PCB och Dioxiner som lagras i dess fett. På grund utav svårigheter med att ta prover på vatten utan att kontaminera det så löser musslan detta problem med sitt skyddande skal. Så hypotesen är att dessa gifter ska gå att spåra i dess fettlager. Vi ska även kunna definiera om det ökat eller minskat under kommande år då vi jämför olika storlekar på musslorna som då ska representera olika kullar.

Frågeställningen lyder härmed: Går vandrarmusslan att använda som en biologisk miljöindikator?

1.2 Metod och material

Jag kommer att använda mig utav ett vetenskapligt experiment där vi kommer undersöka ifall vandrarmusslan kan lagra PCB gifter och dioxiner i sina fettreserver. Ifall det lyckas så visar detta på att musslan går att använda som miljöindikator för PCB gifter och dioxiner.

2. Bakgrund

Fakta som kan behövas för att underlätta följande undersökning

2.1 Vandrarmusslan som art

Vandrarmusslan är ett litet skaldjur vars ursprung härstammar från Svarta havet. Vandrarmusslan invandrade norr i Europa med hjälp utav att de växte fast på handels- och fraktfartygen skrov samt hamnade i barlastvattnet som skeppen sög in under sina resor. De förekom först i Storbritannien vid 1824 men förekom först i Sverige 1926 då den först musslan hittades i Mälaren. Sen dess har de etablerat sig väl i Mälaren men även spridit sig till Hjälmaren och man har även funnit den i små sjöar i Uppland. (HOV 2015)

Vandrarmusslan känns igen på sin triangelformade kropp. Den kan ibland blandas ihop med Dreissena Bugensis (Quaggamusslan) på grund utav sin form men skillnaden blir uppenbar då Vandrarmusslan kan stå stadigt på en av de tre sidorna som är relativt platt, medan quaggamusslan ramlar omkull. Vandrarmusslans färger kan variera mycket mellan att vara väldigt mörkbrun i färgen med nära svarta streck medan de även kan lite ljusare och ha vita streck. Därav har de även namnet zebarmusslan. De blir som mest 50 mm långa. (Benson 2017)

Vandrarmusslans framgång till dess spridning har och göra med deras fortplantning. Vandrarmusslor förökar sig genom dioik. De sitter på samma plats under hela deras "musselliv" med hjälp utav byssus-trådar som de fäster vid hårda underlag när de omvandlas från larvstadiet till musselstadiet. Upp till 40 000 ägg kan släppas från varje individ åt gången och under rätt förhållande så kan upp till 1 miljon släppas under ett år. De släpps under våren och fertiliserar av hanmusslor som ejakulerar sperma under vår/sommaren. Den optimala temperaturen för fertiliseringen är 14-16 grader. När äggen blivit fertiliserade så dröjer det upp till mellan 3–5 dagar innan de utvecklas till larvstadiet. Dessa larver är frisimmande upp till en månad, sedan söker de sig ner till botten och kryper runt tills de finner en lämplig plats att fästa sig vid med hjälp av byssus-trådarna som de producerar fram. Majoriteten av larverna väljer en fast och hård yta som de har lättare att fästa vid men vissa sätter sig även på vegetation. (Benson 2017)

På grund utav dess goda filtreringsförmåga och dess förökningssiffror så har vandrarmusslan nästan konkurrerat ut alla andra musselarter i Mälaren. Vandrarmusslorna sätter sig nämligen omkring de resterande musslorna och kväver dem. Ett annat problem med musslan är dens favorisering av strömt vatten. Detta har lett till att den sätter sig i avloppsrör och korkar igen dem när de klumpar ihop sig. (MVF 2000)

2.2 Vandrarmusslans filtrerande funktion

Vandrarmusslan livnär sig som precis alla andra musslor genom att filtrera vatten. Den har både inbyggda insugande och utskjutande sifoner som den använder för att filtrera vattnet och plocka ut alger som musslan livnär sig på. Denna funktion gör att musslan söker sig till smått strömmande vatten så att den hela tiden får nytt vatten att filtrera, men den går även att finna vid stillastående vatten. Musslan kan trots sin storlek filtrera 1 liter vatten om dagen. Denna enorma filtreringen hjälper makroalger och bottenlevande växter då den renar vattnets sikt då den filtrerar bort alla omkring flytande alger. Det här gör dem till levande naturliga filtreringverk som gör vattnet renare. (Benson 2017) (HOV 2015)

2.3 PCB – Polyklorerade bifenyler

PCB (Polyklorerade bifenyler) är ett samlingsnamn för 209 stycken svårnedbrytbara och giftiga ämnen. PCB användes under 1930-talet frekvent och många möjligheterna fanns inom industrin. PCB användes bland annat i färg, plaster, i byggnader som fog- och golvmassa samt transformatorer och kondensatorer. PCB förbjöds dock att användas i nya produkter 1978 i Sverige då man insåg att PCB

läckte ut i naturen och tog sig in i ekosystemen. PCB visade sig vara giftigt, långlivat och fettlösligt, men även bioackumulerande. PCB:n samlade sig i fett hos fiskar och detta resulterade i en kraftig dipp i Säl- och Havsörn bestånden då de var topkonsumenter. Trots förbudet och hårdare krav som infördes 1995 så rapporteras det än idag om höga halter av PCB i miljön, bland annat i havsörnsägg. (NV 2017)

2.4 Mälaren

Mälaren är Sveriges tredje största sjö efter Vänern och Vättern. Det är en stor utspridd sjö med över 8000 öar, holmar och skär. Mälaren har ett avrinningsområde som ligger i Stockholms län och delar av Uppsala, Västmanland, Örebro, Dalarna samt Södermanland län. Mälaren är också självförsörjande vattenproducent för alla invånare i Stockholm län. Mälaren utgör även vattnet som omger Sigtuna kommun. (SMHI 2012)

2.5 Oxundasjön

Oxundasjön är en sjö inom Sigtuna kommun. Enligt en studie för 5 år sen så innehåller sjön 2 ton PCB (SMI 2016) vilket gör den till den mest PCB förorenade sjön i hela Sverige. Gifterna ligger på ett djup på 30 centimeter i sedimenten. Detta tyder på att PCB har tillförts till området sedan 1960-talet. Försök att hitta vart källan kommer ifrån är igång men det är en lång process. PCB lagrar sig i djur och är bioackumulerande så den finns i alla skaldjur och fiskar i sjön, därför bör man undvika att äta djuren från sjön. (SMI 2016) Oxundasjön har en förbindelse mellan den och Mälaren, nämligen Oxunda ån som gör att vatten och organismer kan röra sig fritt mellan sjöarna.

2.6 Dioxiner

Dioxiner är ett samlingsnamn på en grupp med liknande toxikologiska och kemiska egenskaper. Till dessa tillhör polyklorerade dibensofuraner (PCDF) samt polyklorerade dibensoparadioxiner (PCDD). Även vissa PCB ämnen har egenskaper som liknar dessa egenskaper och kallas då för dioxinlika PCB. Det existerar 75 PCDD, 135 PCDF och 209 PCB, dock är en minoritet av PCB ämnena dioxinlika. Dioxinerna har aldrig producerats fram med mening utan har bildats av reaktioner mellan olika kemikalier som tillverkats och använts (PCB som undantag). Precis som PCB så samlas Dioxiner i fett hos organismer samt att de är bioackumulerande vilket gör att vi finner störst mängder i topkonsumenter. Människor utsätts för dioxiner likt så på grund av konsumtionen av fisk, kött och mjölk. Eftersom dioxiner samlas i fett så blir ammande barn störst påverkade på grund av att det samlas i mammas kropp och sedan utsöndras i bröstmjölken fett.

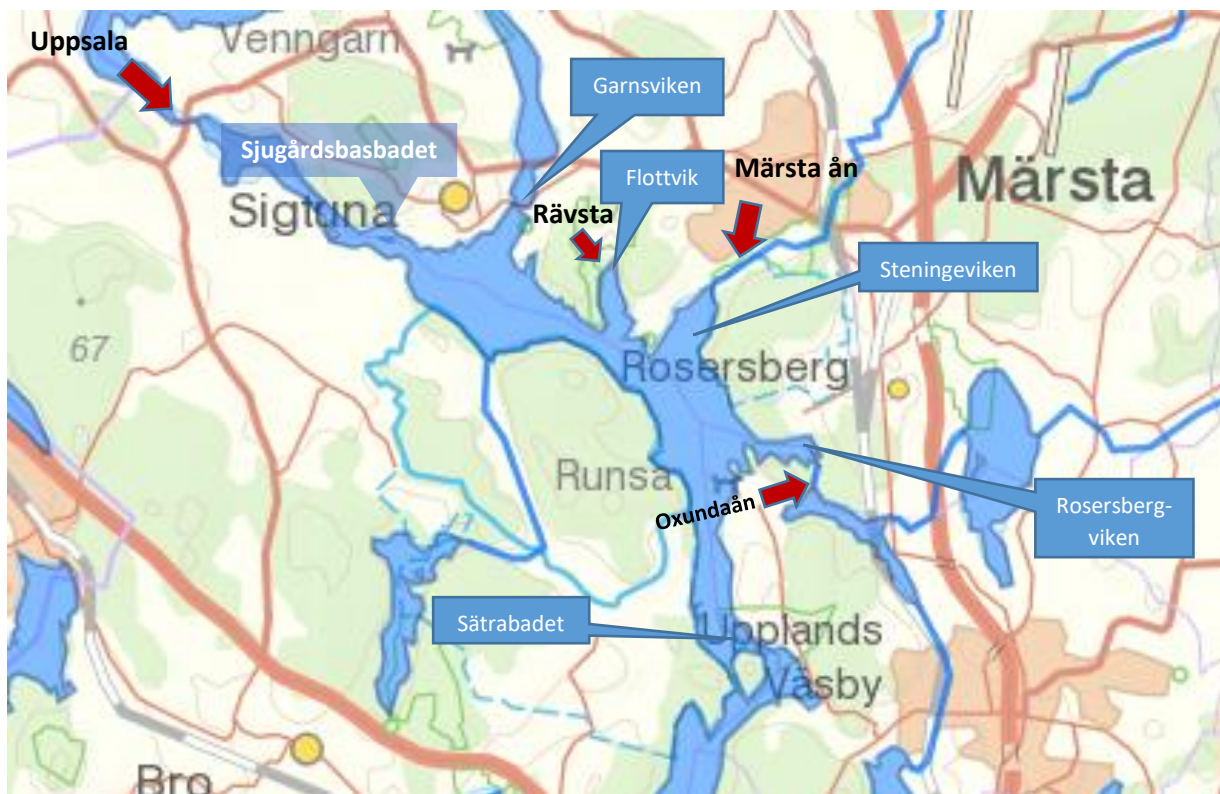
Det rapporteras på djur som utsatts att låga doser av dioxinlika ämnen kan orsaka fortplantnings- och utvecklingsstörningar samt försämrat immunförsvar. Barn som utsatts har observerats ha låg födelsevikt, försämrat immunförsvar, motoriksvårigheter samt andra förhinder. Man har funnit samband mellan dioxiner och hjärt- och kärlsjukdomar, samt har Internationella cancerforskningsinstitutet IARC (1997) fastställt en ökad risk för diverse tumörsjukdomar. (Persson 2015)

3. Utförande

Hur utförandet för denna undersökning har gått till

3.1 Urval

Vandrarmusslan valdes ut på grund av dess filtreringsförmåga och dess förmåga att sprida sig fort. Då den finns över hela Sigtuna kommuns del av Mälaren så utgjorde den en bra individ för detta försök. Platserna som anges nedan är de platser där musslorna samlades in. På musslor från samtliga platser utfördes tester på PCB, metaller, PFAS, fetthinnehåll. För flottviken så delades musslorna upp i två olika storleksgrupper vid namn Flottvik små och Flottvik stora för att jämföra skillnader i halter på de yngre kontra de äldre musslorna. Platserna är utvalda för att undersöka hur halterna förändras under tiden som vattnet hinner rinna från början av Sigtuna kommun till slutet. Provtagningar har därför tagits vid Sjugårdsbadet och Sättrabadet för att se skillnad i start kontra slut. De andra platserna är utvalda för att se hur halterna ändrar sig på vägen. Samtidigt så är de utsatta vid kända utsläppsplatser (angivna med pilar) för att se hur mycket föroreningar som släpps ut eller lagrats i sedimentet.



(Bild hämtad från Viss Skarven)

3.2 Metoder

Vandrarmusslor plockades upp vid strandkant vid designerade platser med hjälp utav hårda metallhåvar som skrapades jäms med stenar och undervattensbråte. Stenar plockades även upp där musslor avlägsnades för hand. Musslorna samlades sedan ihop och blev mätta. De dissekerades sedan med hjälp utav uppvärmning från mikro och mjukdelar plockades ut med plastpincett. Mjukdelar för respektive storlek vägdes och förvarades sedan i kyl tills avgång mot labb.

3.3 Utrustning

Utrustning för 6 personer

2 Ekmans huggare

1 Roddbåt
1 Special designad kanot(er) (Se bilaga 1)
3 Metallhåvar
3 vadarbyxor
4 Vattentäta gummihandskar
7 plastbunkar (förvaring)
6 Plastpincett,
6 plastlinjal/mätpaper
2 vågar (mg)
1 mikro
30 genomskinliga glasburkar med lock
1 kyl
1 Markeringspenna

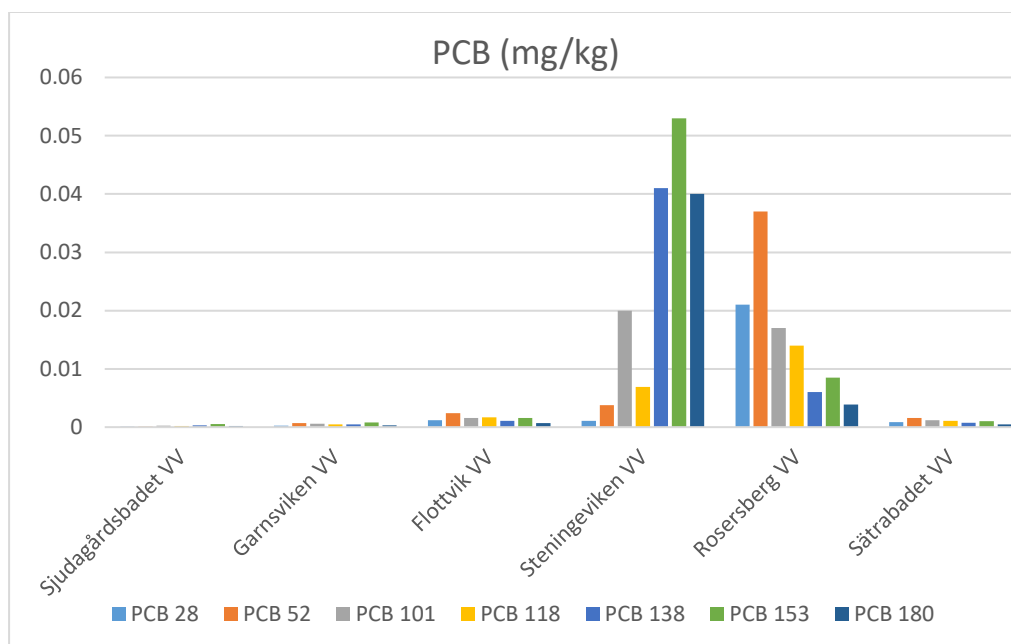
3.4 Genomförandet

- Musslor plockades upp hårda substanser vid strandkanten av undersökningsplatsen med hjälp utav metallhåvar.
- Musslorna förvarades i plastbunkar i frakt från upptagningsplats till undersökningsplats
- Musslorna mättes och delades in i millimeter storlek från 18-22 mm samt >22 och <18.
- Musslorna i storlek 18 mm räknades och vägdes
- Musslorna stoppades in i mikrovågsugn med styrkan 700 watt
- När musslorna började öppna sig så stängdes mikron av och musslorna avlägsnades från mikron.
- Glasburk märktes upp med 18 mm samt upplockningsplats
- Musslornas mjukdelar avlägsnades från skal med hjälp utav plastpincett och lades ned i glasburken.
- När alla musslornas mjukdelar i storleken 18 mm blivit ilagda i burken så lades burken in i kylskåp i väntan på transport till labb.
- Metoden från punkt 3 – 8 upprepades för alla storlekar mellan 18 – 22, samt för alla platser där musslorna plockades upp.
- Musslorna skickades till labb för undersökning.
- Musslorna torkades till 105 grader
- PCB värden undersöktes med GC – MS metod
- Dioxinvärden undersöktes med HR-GC-MS metod.
- Hänvisar till labbrapport T1736520 för mer detaljerade undersökningsmetoder.

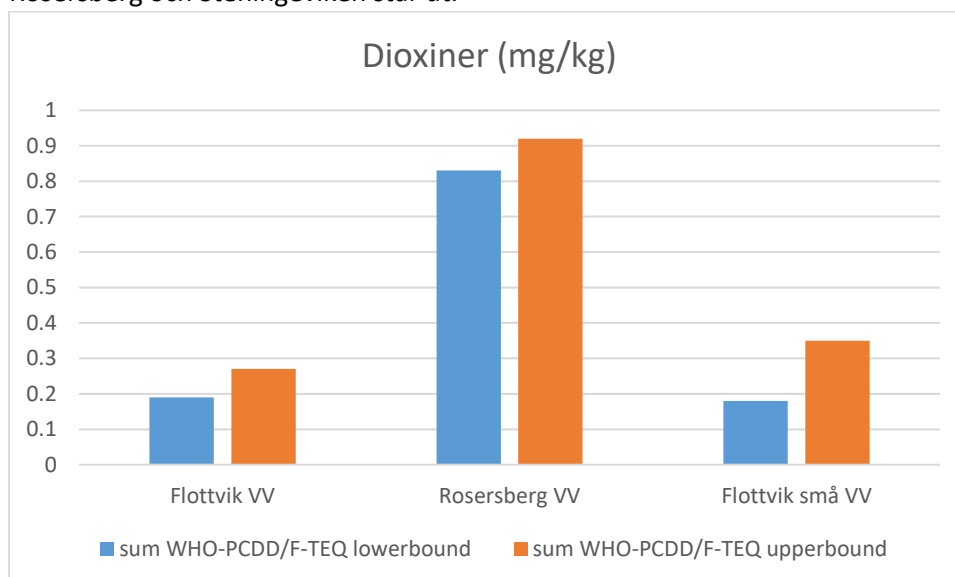
4. Resultat

Resultatet för PCB och dioxin undersökningen

4.1 Presentation av resultat



Resultaten för PCB halterna i diverse provtagnings platser. Visar tydliga mängdskillnader där Rosersberg och Steningeviken står ut.



Resultat från dioxinutmätningarna på vandarmusslorna från Rosersberg samt de två olika storleksordningarna från Flottvik. Värden anges i sum WHO-PCDD/F-TEQ upperbound/lowerbound som är en bestämmelse av WHO (world health organization) av toxiska ekvivalenter.

4.2 Urval och avgränsningar

I denna undersökning så har PCB och Dioxiner valts ut att rikta in sig emot. De andra resultaten finns tillgängliga i bilagorna ifall de sökes. Detta gjordes för att arbetet inte skulle bli för omfattande.

PCB och Dioxiner valdes ut på grund av deras samhörighet. På grund utav att vissa dioxiner

har liknande egenskaper till PCB ämnen så valdes de ut för att se samhörigheten mellan dem. Budgeten räckte dock bara till att ta dioxinprover på två olika platser.

4.3 Sammanfattning av resultat

Som diagrammen visar så har testerna gett resultat. Testerna för PCB halterna har gett stora utslag på två specifika platser, Steningeviken och Rosersberg. Testerna visar även resultat på de andra platserna men inte lika stora siffror som för dessa två.

Dioxintesterna har även dem gett resultat för alla platser där provtagningar har tagits. De ger lite mer diffusa resultat men resultat har kommit fram.

Dessa resultat visar att Vandrarmusslan går att använda som en biologisk naturindikator för miljögifterna (huvudsakliga gruppen) PCB och Dioxiner.

5 Diskussion

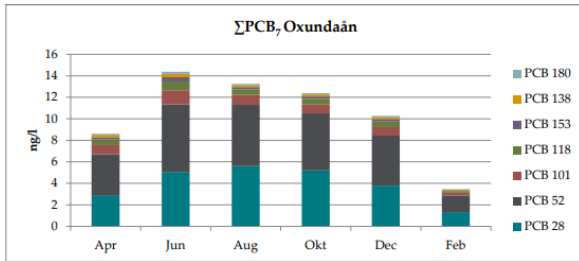
Resultaten som har kommit fram visar på att vandringsmusslan går att använda som en biologisk miljögifter för PCB och Dioxiner vilket svarar på frågeställningen samt fastställer hypotesen att musslorna ska gå att använda som miljöindikator.

Resultaten som framgår för PCB visar två platser där resultaten skiljer sig avsevärt från de resterande platserna, nämligen Steningeviken och Rosersberg. Möjliga orsaker till detta kan vara beroende utav de två mynningar vid de två platserna. Märsta ån rinner ut precis bredvid där proverna har tagit vid Steningeviken som har rapporterats vara grovt förorenad från utsläpp från Arlandastad som tidigare haft problem med sina utsläpp som runnit ut i ån (LS 1992), detta rapporteras även utav Sigtuna kommun själv som anser att den är oerhört förorenad av både Arlandaflygplats samt jordbruksområdena som ån rinner igenom (SIG 2010). Men detta är ingen slutsats som går att ta grundandes på denna undersökning utan fler undersökningar bör göras i självaste Märsta ån för att fastställa hur läget ligger till och vart gifterna kommer ifrån, ifall detta nu är källan.

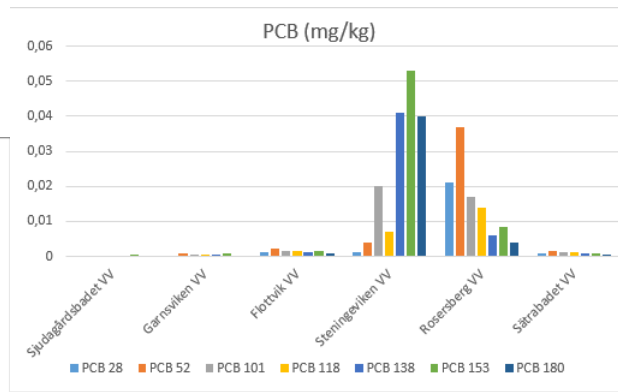


(Bild på provtagningsplats och vart Märstaån mynnar ut)

När det kommer till provresultaten till Rosersbergsviken så finns det en förklaring till dess höjda resultat där med. Provtagningsplatsen ligger inte långt ifrån Oxundasjön som är känd som den mest PCB förgiftad sjö i Sverige. Dessa två sjöar har även en förbindelse som heter Oxundaån. Detta betyder då att de djur och det vatten som är i Oxundasjön har färdats över och kan vara en stor anledning till varför vi finner så höga halter på både PCB värden här men även varför Dioxinvärdena är 3 till fyra gånger större här än i Flottvik. En annan koppling man kan göra mellan de två är de PCB värden som ger störst utslag. På både mätningarna som gjorts i Rosersberg och i Oxundasjön för två år sen så sticker PCB 28 och PCB 52 båda två ganska mycket på båda och särskiljer sig från de resterande PCB grupperna. PCB 52 är det PCB som vanligast förekommes i Oxundasjön och även nu i Rosersbergsviken vilket tyder på att gifterna tydligt och klart har börjat förflytta sig ut ifrån Oxundasjön och ut i resterande Mälaren (JMK 2016). Se bild nedan för jämförelse.



(Data tagen från (JMK 2016) rapport)



(Data från denna rapport)



(Förbindelse mellan provtagningsplats och Oxundasjön)

5.1 Utvärdering av arbete

Utvärdering över hur arbetet har gått och hur framtiden ser ut

5.1.1 Utvärdering av resultat

Undersökningen besvarade frågeställningen ifall vandrarmusslan gick att använda som en biologisk miljöindikator. Denna rapport redogör dock bara för dessa undersökningar. Mer prover bör tas för att fastställa musslan som en indikator. Sedan kommer den förmodligen aldrig kunna litas på till 100 % då vi handskas med individer här. Även fast vi drar ett medelvärde så kommer det alltid finnas dem som lagrat mer och de som lagrat mindre gifter i sitt fett.

Sedan finns den mänskliga faktorn att tillgodoräkna. Eftersom att människor har handskats med proverna så måste man räkna med snedsteg. Eftersom att denna undersökning aldrig gjorts tidigare på vandrarmusslan så bör den göras igen innan man vet vilka försiktighetsåtgärder som bör åtgärdas.

5.1.2 Metod

Metoden funkade och vi fick resultat men eftersom ingen tidigare forskning på denna art har genomförts så finns det en riskfaktor att denna art är känslig för något som använts under undersökningen som kan ha påverkat resultaten. Eftersom att en separat undersökning på dessa

musslor även har undersökt tungmetaller hos musslorna så kan det vara bra att hitta ett alternativ till metalhåvarna.

5.1.3 Fortsättning

En fortsättning till detta arbete bör vara att göra fler undersökningar på ifall dessa musslor går att använda som miljöindikatorer. Eftersom att tidigare forskning saknas så måste detta fastställas innan något annat bör göras. Sedan så bör man undersöka vart gifterna kommer i Steningeviken och ifall det är så att det kommer från Märstaån så bör undersökningar göras för att se vart gifterna har sin ursprungliga källa ifrån. Att få bort PCB ur ån kommer nog bli svår men att hindra det från att läcka ut mer kan vara en bra start till att hindra det från att läcka ut mer. Nu är inte PCB något som är farligt att bli utsatt för om man inte blir utsatt för det för mycket men det bör ses över för att få en friskare sjö.

Källförteckning

Internetälla:

SGS Factsheet: Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) factsheet, Amy Benson,
<https://nas.er.usgs.gov/queries/factsheet.aspx?speciesid=5> Revision Date: 6/5/2017. Hämtad 08/12/2017

HOV: Havs och vatten myndigheten: Vandrarmussla (*Dreissena polymorpha*),
<https://www.havochvatten.se/hav/fiske--fritid/arter/arter-och-naturtyper/vandrarmussla.html>
Publicerad: 03/12/2015. Hämtad 24/01/2018

(NV) Naturvårdsverket: PCB i miljön

<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/PCB/>

Uppdaterad: 5/10/2017. Hämtad 02/02/2018

(Persson 2015) Karolinska Institutet: Dioxiner och dioxinlika PCB, Anna Persson,

<https://ki.se/imm/dioxiner-och-dioxinlika-pcb>

Publicerad 30/05/2017. Hämtad: 22/02/2018

Viss hemsida om fartvatten i Sverige. Hämtad från Viss Vatteninformation Sverige,
<http://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA55862375> . Hämtad 06/04/18 kl 13:13

(SIG) Sigtuna.se: Sigtunas information om Märstaån. Hämtad från Sigtuna.se. Hämtad 08-04-2018 klockan 18:01. Publicerad 15-04-2010

<http://www.sigtuna.se/sv/Miljo--Natur/Sjoar-och-vattendrag/Vara-sjoar-och-vattendrag/Marstaan>

(SMHI) SMHI:s fakta om Mälaren. Hämtad från SMHI 08-04-2018, publicerad den 18 maj 2012.

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/fakta-om-malaren-1.5089>

Artikler/Rapport:

NRM (2017) Naturhistoriska riksmuseet: 08 Vandrarmussla

MVF (2000) Mälarens vattenvårdsförbund : Mälaren – miljötillstånd och utveckling 1965 – 98, författare: Berta Andersson, Richard Johnson, Hans Kvarnäs, Gunnar Persson, Gesa Weyhenmeyer, Ewa Willén.

Rapport T1736520. Kontakta Per Snöbohm för mer information.

LS (1992) Länsstyrelsen Stockholm : Märstaån - vattenkvalitet och närsalttransporter i ån maj 1988 - maj 1989.

http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/1992/Marsta-an_Rapport_1992-8.pdf

(JMK) Joakim Hållén, Magnus Karlsson & Katarina Hansson på uppdrag av Väsby kommun (2016), PCB undersökningar i Oxundasjön 2016. Svenska Miljöinstitutet

<https://www.upplandsvasby.se/download/18.4888d21515e5a932a774773/1508329037434/U5846+PCB-unders%C3%B6kningar+i+Oxundasj%C3%B6n+2016.pdf>

(SMI) Svenska miljöinstitutet: Stora mängder PCB i Oxundasjön. Senast ändrad: 02-02-2016. Hämtad: 08-04-2018. <https://www.ivl.se/toppmeny/pressrum/pressmeddelanden/pressmeddelande---arkiv/2016-02-02-stora-mangder-pcb-i-oxundasjon.html>

Bilagor

<C:\Users\ano1011\Desktop\Gymnasiearbete\båt.docx>

<C:\Users\ano1011\Downloads\Analys musslor med torrsvikt.xlsx>