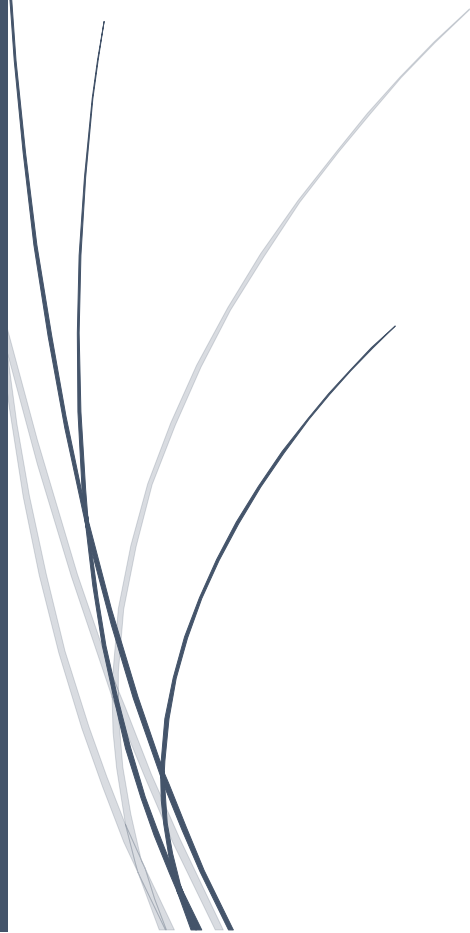


A dark blue vertical bar runs down the left side of the page. A blue arrow points to the right from this bar, containing the date.

2019-04-07

Vandrarmusslans filtrerande funktion vid olika vattentemperaturer

Several thin, curved lines in shades of blue and grey sweep upwards from the bottom left corner of the page.

Klaountia Kalouli Na16
ARLANDAGYMNASIET

HANDLEDARE: HENRIK WILMAR, MATZ NORLING, JOHAN
LINDELL

MEDLABORATORER: HIND ABDULRAHMAN, ANNA STÅL

Abstract

In this scientific experiment shows how the filtering function of the invasive specie *Dreissena Polymorpha*, in our lake Mälaren, become affected by different water temperatures. The aim of this study is to investigate if an increased water temperature would affect the clam specie *Dreissena Polymorpha* filtering function. To collect enough data for our investigation was performed a scientific experiment with three different studies which results were presented in several pictures and figures. The scientific experiment was performed in Naturskolan of Sigtuna. The first attempt was made to estimate how the water with dissolved clay become clearer in aquariums with and without mussels. The second attempt was made to appraise how the filtering capability of invasive specie *Dreissena Polymorpha* is affected under different water temperatures. The third and final attempt was made to verify the results of the second attempt. During this experiment the mussels were placed in aquariums with water temperature up to 15 °C, 26 °C, 11 °C and 25 °C. Per these three attempts, the results showed that the mussels had an increased filtering capacity when the water temperature was high, at 26 °C and 25 °C. On the other hand, the mussels couldn't filter effectively in low water temperatures, 15 °C and 11 °C.

Sammanfattning

I detta vetenskapliga experiment redovisas hur vandrarmusslans filtrerande funktion påverkas vid olika vattentemperaturer. Syftet var att undersöka om en ökad vattentemperatur skulle påverka vandrarmusslans filtrerande förmåga och ge upphov till framtida forskningsprojekt. För att ta reda på om och hur vandrarmusslans filtrerande funktion påverkas vid olika vattentemperaturer, utfördes ett vetenskapligt experiment med tre olika försök och resultatet presenteras i flera bilder och figurer. Experimentet utfördes på Naturskolan i Sigtuna. Det första försöket genomfördes för att bedöma hur vatten med upplöst lera blir klarare i akvarier med och utan musslor dvs. att observera om musslorna filtrerar lerpartiklarna i vattnet. Det andra försöket gick ut på att bedöma hur vandrarmusslans filtreringsförmåga påverkas vid olika vattentemperaturer. Medan det tredje försöket genomfördes för att verifiera resultatet från det andra försöket. Musslorna placerades i akvarier med vattentemperaturer upp till 15 °C respektive 26 °C och 11 °C respektive 25 °C. Resultatet visar att hypotesen håller eftersom vandrarmusslorna hade en ökad filtrerande kapacitet när vattentemperaturen var hög. Däremot kunde vandrarmusslorna inte filtrera lika effektivt i låga vattentemperaturer.

Innehåll

Abstract.....	1
Sammanfattning.....	1
1. Inledning	3
1.1 Syfte och frågeställning/hypotes	3
2. Bakgrund	4
2.1 Vandarmusslan som art.....	4
2.2 Vandarmusslans filtrerande funktion.....	4
2.3 Framtida klimatuppvärmningar och ekosystemets påverkan	5
2.4 Mälaren idag och i framtiden.....	6
3. Utförande.....	6
3.2 Metoder	7
3.2.1 Försök 1.....	7
3.2.2 Försök 2.....	7
3.2.3 Försök 3.....	7
3.3 Utrustning	7
3.4 Genomförande.....	8
3.4.1 Försök 1.....	8
3.4.2 Försök 2.....	8
3.4.3 Försök 3.....	9
4. Resultat	10
4.1 Försök 1.....	10
4.2 Försök 2.....	11
4.3 Försök 3.....	12
5. Diskussion	13
5.1 Försök 1.....	13
5.2 Försök 2.....	14
5.3 Försök 3.....	14
5.4 Resultatets och metodens tolkning och utvärdering.....	16
5.4.1 Konsekvenser av vandarmusslors filtrering.....	16
5.5 Vidare forskning	17
Källförteckning	18

1. Inledning

Människan har under de senaste decennierna observerat en klimatförändring och en temperaturökning på jorden. Genom förbränning av fossila bränsle så som bensin, diesel, kol, naturgas och olja har människan påverkat jordens klimat. Detta har i sin tur lett till att stora mängder växthusgaser och framförallt koldioxid släppts ut. Idag ser vi att klimatet förändras mer än vad de naturliga variationerna bidrar med. Problemet är att förändringen sker så snabbt så att växter och djur inte hinner att anpassa sig i den. Hav och sjöar blir i sin tur varmare och det kan framförallt påverka arter som lever i vårt havsområde (SMHI 2018). Men trots detta, finns det fortfarande människor som inte har vetskap om hur arterna i vår planet påverkas av en klimatisk förändring.

1.1 Syfte och frågeställning/hypotes

Syftet med detta arbete var att undersöka om en ökad vattentemperatur skulle påverka vandrarmusslans filtrerande funktion i Mälaren. Med tanke på att klimatet förändras allt snabbare och temperaturen har enligt SMHI (2018) ökat med ungefär en halv grad under 1991–2013, kan man säga att vandrarmusslan fortsätter och filtrerar den förorenade vattnet på grund av dess filtreringsförmåga. Men hur kommer vandrarmusslor filtrera vattnet i framtiden när vattens temperatur höjs än och mer? För att ta reda på detta kommer följande fråga besvaras: Hur påverkas vandrarmusslans filtrerande funktion vid olika vattentemperaturer?

Studier av resultatet bestämdes med hjälp av flera undersökningar i laboratorium och tidigare rapporter. Baserat på tidigare observationer och från vandrarmusslans uppkomst från svarta havet är min hypotes att musslorna bör filtrera bättre vid höga vattentemperaturer.

2. Bakgrund

2.1 Vandrarmusslan som art

Vandrarmusslan (*Dreissena polymorfa*) eller Zebramusslan som den också kallas är ett litet triangelformatskaldjur som har sitt ursprung ifrån Svarta och Kaspiska havet. Under de senaste 200 åren har vandrarmusslan flyttat till sjöar och till bukter runt Östersjön. År 1926 upptäcktes vandrarmusslan i Sverige för första gången och speciellt i sjön Mälaren men nu har den expanderat i Hjälmaren och andra småsjöar i Uppland. Unga vandrarmusslor känns igen på grund av sitt karaktäristiska zebrarandiga mönster på skalen medan äldre musslor får ofta en mörkbrun färg (HaV 2018). Den maximala tillväxthastigheten som en vandrarmussla kan nå är 0,5 mm/dag och de blir upp till 50 mm långa (Benson 2018).

Vandrarmusslan ställer höga krav på miljön runt omkring sig. Arten föredrar sötvatten som till exempel sjöar med svaga strömmar samtidigt föredrar den områden med hårda underlag för att kunna fästa sig på som exempelvis stenar, artificiella ytor och växter. Den tål upp till 6‰ salthalter och upp till 29 grader varmt sjövattnet (HaV 2018).

Vandrarmusslans förmåga att fortplanta sig i höga hastigheter har lett till att den kan dominera i ett visst område (HaV 2018). I hanmusslornas speciella könsorgan, "gonader", könskörtel, produceras ägg eller spermie vilka i sin tur släpps ut ur könsorganen och med hjälp av vattnets temperatur sker befruktning (Illvet 2015). Denna process sker vid en optimal temperatur på 14–16 °C. Under en gynnsam säsong som är vår/sommar släpps upp till 1 miljon ägg under ett år ut ur varje mussla. De befruktade äggen utvecklas till larver inom 4–5 dagar med en temperatur på 20–22 °C. När larvernas ungdomsstadium påbörjas simmar de fritt på sjöbotten och letar efter hårda substrat att fästa sig vid med hjälp av ett organ utanför kroppen som består av trådar, *byssaltrådar* (Benson 2018).

Vandrarmusslans fortplantning har både negativa och positiva effekter på de ekosystem som de invaderar. För det första påverkar vandrarmusslan andra arter, till exempel hotade stormusslor, negativt genom att sätta sig i stora mängder på deras skal. Detta gör att stormusslan svälter ut sitt "substrat" därför att vandrarmusslan blir en födokonkurrent genom sin filtrerande funktion. För det andra kan vandrarmusslan dominera i ett område och på grund av detta ändras musselarternas naturliga miljö eller så börjar de försvinna helt. Trots allt sitter stora mängder av vandrarmusslorna på konstruktioner som kylsystem och vattenintag vilket orsakar en minskning av flödet i röret. Detta kan leda till stora kostnader för att kunna reparera vandrarmusslans skadeverkningar (HaV 2018).

Det finns dock några fördelar med vandrarmusslans närvaro. Tack vare vandrarmusslans filtrerande funktion gynnas makroalger och bottenlevande växter på grund av hög vattenklarhet och ökad möjlighet till fotosyntes. Vandrarmusslan kan även vara mat för andra levande organismer så som sjöfåglar, olika fiskarter och kräftdjur (HaV 2018).

2.2 Vandrarmusslans filtrerande funktion

Vandrarmusslor är som alla andra musslor "filtermatade" dvs. de lever genom att filtrera vattnet och matar sig på alger med hjälp av de inbyggda "inhalations- och exhalations sifoner". Vandrarmusslan är en effektiv filtrerare som har förmåga att filtrera genom att ta upp partiklar ur vattenmassa och släppa ut de oönskade partiklar som inte kan användas som livsmedel t.ex. sand, i så kallade. En ökad vattentemperatur samt en ökad suspenderad fast koncentration kan leda till ökad utsläppshastighet. Trots deras storlek kan vandrarmusslor filtrera upp till en liter vatten per dag (Benson 2018). Giftiga cyanobakterier och växtplankton utgör ett problem i ytan på grunda sjöar.

Vandarmusslan kan förbättra ekosystemens kvalitet genom att minska växtplanktons biomassa, vilket kan vara fördelaktigt för biologisk mångfald. Det har även föreslagits att använda vandarmusslan som potentiellt verktyg i sjöar med ett ökat antal cyanobakterier (Pires et al 2005).

I en tidigare studie genomförd i Nederländerna undersöktes vandarmusslans filtrerande kapacitet och huruvida arten verkligen kan minska cyanobakterierna i fytoplanktonet (växtplanktonet). För att utföra experimentet odlade de två olika arter av cyanobakterier: "kolonistyrande stammar av *Microcystis aeruginosa* och trådformiga arterna *Planktothrix agardhii*". Vidare användes en giftig och en ogiftig stam av båda arterna. Resultatet visade att Vandarmusslor filtrerar stora mängder cyanobakterier oavsett om dem är toxiska eller ej (Pires et al 2005).

2.3 Framtida klimatuppvärmningar och ekosystemets påverkan

Användningen av fossila bränsle samt den årliga ökning av växthusgasers mängd har under tiden påverkat jordens klimat. Jordens atmosfär innehåller växthusgaser som till exempel koldioxid, metangas, dikväveoxid m.m. som påverkar jordens klimat. Atmosfären är för jorden som glaset är för växthuset, den växthusgaserna absorberar solstrålningen men samtidigt släpper de ut en del av den. Växthuseffekten är livsviktig, utan den skulle all solenergi reflekteras tillbaka ut till rymden och ingen värme skulle finnas i jorden (NE 2019). Däremot har människan, genom att använda fossila bränsle som till exempel olja och naturgas, påverkat till att lagret av växthusgaser i atmosfären blivit tjockare. Mer solenergi stannar kvar i jorden och detta leder till att jorden värms upp (SO-rummet 2019).

Enligt SMHI:s rapport, *Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier* (2015) var, den årliga medeltemperaturen i Stockholm, beräknat med ca 6 °C medan en gradvis klimatuppvärmning visas i rapporten (SMHI 2015, s.67). Ett varmare klimat påverkar vegetationsperiodens längd och gör den att öka, ökar antalet varmare dagar. En högre avdunstning förväntas att skapas när lufttemperaturen skall ökas. En ungefär 20%-30% årsmedelbörd ökning beräknas i SMHI:s rapporten samtidigt flera regnperioder förväntas (SMHI 2015, s.67). Men vad kan konsekvenserna vara vid en varmare klimat?

Den ökade växthuseffekten kan orsaka katastrofala följder för både individ och ekosystem. Klimatkänsliga ekosystem så som Arktis, korallrev och även småöar såsom Maldiverna kommer inte kunna överleva en klimatuppvärmning upp till 3 °C klimatuppvärmning (WWF 2019). Ett stort antal korallrev kommer drabbas av blekning. Blekning innebär när algerna, som lever i symbios med koralldjuren, lämnar korallerna och de i sin tur förlorar sin färg och blir vita (Naturskyddsföreningen 2019). Därför finns det en stor risk för "omfattande förlust av biologisk mångfald globalt" för både växter och djur enligt sista WWF artikeln *Klimat-Konsekvenser* (WWF 2019). Många arter kommer att förflytta till nya livsmiljöer som är inte alltid lika gynnsamma som sina nuvarande livsmiljöer. Havet vi polerna förväntas att bli invaderade av flertals arter som skall flyttas där. Dessa arter kommer i sin tur konkurrera för föda och bara de "starkaste" arter kommer att överleva medan andra kommer att minskas i antal (WWF 2019).

En till nackdel med klimatuppvärmningen är att isar smälter snabbare än vad de byggs när temperaturen i atmosfären är hög vilket kan leda till att havet stiger mer och mer men även havets temperatur höjs (SMHI 2018). Konsekvenserna blir då mer regn och även flera översvämningar som i sin tur kan orsaka förflyktning. Människor kommer leta efter nya områden att bo och många kommer att vara hemlösa på grund av naturkatastrofer (Naturskyddsföreningen 2019).

I en tidigare vetenskapligt studie som publicerades i artikeln *Klimatförändring påverkar musslors och människors hälsa* i Göteborgs Universitet undersöktes hur klimatförändringar påverkar musslor *Perna viridis* hälsa när "giftiga alger och skadliga marina mikroorganismer ökar i havet" (GU 2016). I studien, som genomfördes i Sydindien, testades olika typer av klimatpåverkan som till exempel olika vattentemperaturer, salthalter, skadliga bakterier och giftiga alger. Resultatet visades att musslorna som utsattes i giftiga alger, låga salthalter och höga vattentemperaturer blev också giftiga (GU 2016). Människan påverkas av musslornas hälsa på grund av att musslor är en proteinkälla för många invånare i södra Indien. Om musslor blir utsatta för gifter då blir människorna men även sjöfåglar som äter musslor magsjuka (GU 2016).

2.4 Mälaren idag och i framtiden

Mälaren är Sveriges tredje största sjö. Den är 120 km lång och har över 8000 öar, holmar och skär. Den är en självförsörjande vattenproducent för ungefär 2 miljoner människor. I Mälarens avrinningsområde ingår Stockholms län, delar av Uppsala, Västmanland, Örebro, Dalarna, Södermanland län men även Hjälmaren som är Sveriges största sjö till yta (SMHI 2018).

År 2015 togs ett beslut att bygga om Slussen i Stockholm med tanke på att minska risken för översvämning runt Mälaren. Enligt Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI 2018) kommer temperaturen i havet att öka samtidigt som isperioder minskar. I ett varmare klimat stiger havsnivån och detta kan leda till stora konsekvenser för bland annat Mälarens ekosystem och dricksvattens kvalitet men även stora kostnader för att rena Mälarens vatten (SMHI 2018). Dessutom finns det olika scenarios på hur problemet med klimatförändringen och vattnets stigning kan hanteras någon gång i framtiden. I tidigare forskning, om klimatets påverkan i Sveriges största sjöar idag och i framtiden, ges flera alternativ på hur man ska hantera detta runt år 2100. Ett av alternativen är att "Mälaren höjs i samma takt som havet vilket innebär stor påverkan på bebyggelse och infrastruktur runt sjön" (SMHI 2018). Rapporten från SMHI klimatologi visar att i dagens klimat finns det stor översvämningsrisk tills Slussen byggs om på grund av en ökad havsnivå. I framtiden finns lägre risk när Slussen färdigbyggs (SMHI 2018).

År 2017 har Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) publicerat en rapport *Vattentemperaturer och is i Mälaren*, där det beskrivs olika scenarier med "Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden". Rapporten lyfter olika aspekter av hur vattentemperaturen i Mälaren ökar och isperioder minskar. Resultaten visar att vattentemperaturen ökar mer vid ett liknande utsläpp av växthusgaser med dagens utsläppsnivåer medan det inte finns lika stor ökning där växthusgaserna är begränsade. För det första förväntas att sjöbottens medeltemperatur ska öka "mellan 1 till 2 grader i den grundare västra bassängen och 0,5 till 1,5 grader i den djupare östra bassängen". För det andra beräknas Mälarens årliga isperiod att minska med en månad till två månader mot slutet av seklet och fram till 2100 på grund av den globala uppvärmningen (SMHI 2017, s. 18).

3. Utförande

För att ta reda på hur en framtidig klimatförändring kan påverka vandrarmusslans filtrerande funktion i Mälaren utfördes flera experiment. Nedan följer en beskrivning av hur vi gick tillväga med undersökningen från musslans upplockning fram till resultatet och även vad som användes för att genomföra själva undersökningen.

Experimentet genomfördes på Naturskolan i Sigtuna Kommun, vid Mälaren, i Flottvik vintern 2019. För att göra en bedömning om det är möjligt för vandrarmusslan i Mälaren att filtrera i en hög

vattentemperatur genomfördes tre olika undersökningar. Det var viktigt för undersökningen att få ett positivt svar vid första försöket, att de upplockade musslorna filtrerar lerpartiklar i akvariet och det fick vi vid första försöket. Om svaret hade varit negativt, att de upplockade musslorna inte filtrerar lerpartiklar i akvariet, vid första försöket hade experimentet avfärdats. Tredje undersökningen genomfördes på samma sätt som i den andra undersökningen med samma musslor i akvariet men med motsatta temperaturer. Temperaturerna som användes under andra undersökningen dvs. undersökningen med musslor i båda akvarierna var 15 °C respektive 26 °C medan i tredje undersökningen användes temperaturerna 11 °C respektive 26 °C. 15 °C och 11 °C var rumstemperaturen och vi valde en temperaturskillnad på ungefär 10 °C för att få ett tydligt resultat.

3.2 Metoder

3.2.1 Försök 1

Detta försök gick ut på att bedöma hur vatten med upplöst lera blir klarare med och utan musslor. Under detta försök förbereddes mätuppställningen för första gång och egna provtagningar användes för mätning av ljustransmission med suspenderad lera. Tillslut sattes en 24 timmars registrering i datalogen (LabQuest2) för ljustransmissionsmätningar och lersuspension.

3.2.2 Försök 2

Detta försök gick ut på att bedöma hur vandrarmusslans filtreringsförmåga påverkas vid olika vattentemperaturer. Undersökningen igångsattes med musslornas upplockning från Flottviken. Musslorna och stenarna som de hade fastnat på delades upp i jämnt antal i två akvarier med sjövattnet och med olika temperaturer i varje akvarium. Temperaturen som bestämdes vid mätningen för musslornas filtrering var 15 °C (rumstemperatur) respektive 26 °C. Musslorna placerades i akvarierna med sjövattnet och med sina stenar för att de inte skulle märka av någon skillnad från deras naturliga miljö. Vidare lades en blandning av fin lera och vatten med tanke på att mäta vandrarmusslornas kapacitet genom att filtrera lerpartiklarna under en viss tid. Tillslut sattes en 20 timmars registrering i datalogen (LabQuest2) för ljus- och temperaturmätning, se bild 1.

3.2.3 Försök 3

Tredje försöket genomfördes för att verifiera resultatet i undersökningen med musslorna från försök 2. Experimentet genomfördes med exakt samma mätuppställning, lika mycket mängd Fin lera och samma musslor men där temperaturväxlades mellan de akvarierna. Temperaturen som bestämdes vid mätningen för musslornas filtrering var 11 °C (rumstemperatur) respektive 25 °C.

3.3 Utrustning

För detta experiment användes följande utrustning för 3 personer: Två hinkar, två avlånga rektangulära akvarier, två mätare- LabQuest2 (datainsamlingsenheten) med två ljussensorer och två temperatursensorer, två IKEA LED-lampor, fin lera från en åkern, 200 stycken vandrarmusslor, 28 liter sjövattnet, två träbitar för fast träställning, två syresten för luftslang Aqua Nova - Syresten Klot 25 mm med en luftpump, en doppvärmare med termostat (temperaturreglerare) och två svarta plastpåsar.

3.4 Genomförande

3.4.1 Försök 1

Försöket påbörjades med förberedelse av mätuppställning. Två avlånga rektangulära akvarier, som rymmer upp till 20 liter vatten, ställdes på ett bord bredvid varandra och etiketterades med siffrorna 1 respektive 2. Ett antal musslor tillsammans med de stenar de satt sig fast på upplockades från Mälaren för det första försökets genomförande och lades i en hink fylld med 14 liters sjöväten. Därefter valdes 80 stycken musslor av de som fanns i hinken och vägdes (104 g.), rengjordes och tillslut lades i akvariet som var etiketterat med nummer 2. I akvariet som var etiketterat med nummer 1 lades inga musslor. Vidare sattes in i båda akvarierna tillförsel av syre med hjälp av en extern syrepump som var kopplad med slangar och en syresten klot (25 mm) för att leda luften från pumpen ned i akvarierna. Tillförsel av syre behövdes under experimentet för en god vattenrörelse samt syresättning. Fin lera blandades med vatten i en behållare och 0,5 dl av lerblandningen hölldes i båda akvarierna. Två dataloger LabQuest2 kopplades med två ljussensorer och två temperatursensorer för att mäta ljusets klarhet i Lux och vattnets temperatur i grader C. Belysning genom en LED-lampa infördes i varje akvarium för en tydlig ljussättning. En 24 timmars registrering av ljustransmission bestämdes på datalogen LabQuest 2. Tillslut täcktes både akvarium 1 och akvarium 2 med stora svarta plastpåsar för att ljussensorn ska koncentrera sig bara på akvariets egen ljus.

3.4.2 Försök 2

Två avlånga akvarier, från försök 1, rengjordes med varmt vatten och placerades igen bredvid varandra. 120 nya musslor tillsammans med de stenar de satt sig fast på upplockades från Mälaren för det andra försökets genomförande och lades i två olika hinkar ifyllda med sjöväten. Därefter placerades en doppvärmare med termostat (temperaturreglerare) i en av de två hinkarna och sjövattnets temperatur värmdes upp till 26 °C. Medan sjövattnet i den andra hinken hade en temperatur på 15 °C, det vill säga rumstemperatur. Musslorna fick vara i hinkarna några dagar för att få tid att acklimatisera sig i de nya temperaturerna. Några dagar senare togs 60 stycken musslor med sina stenar och 14 liter sjöväten från hinken med vattentemperatur på 15 °C och hölldes i akvariet som var etiketterat med nummer 1. Därefter togs 60 stycket musslor med sina stenar och 14 liter sjöväten från den andra hinken med vattentemperatur 26 °C och hölldes i akvariet som var etiketterat med nummer 2. På insidan av akvariet med nummer 2 fästes en doppvärmare med termostat för att hjälpa till vattnets temperatur att behålla sin värme på 26 °C. Tillförsel av syre med hjälp av en extern syrepump och syresten klot (25 mm) sattes in i båda akvarierna för att en god vattenrörelse såsom i första försöket. Fin lera blandades med vatten i en behållare och 0,5 dl av lerblandningen hölldes i båda akvarierna. Två LabQuest2 (datainsamlingsenhet) med två ljussensorer och två temperatursensorer lades in i var sitt akvarium, se bild 1. En 20 timmars temperatur- och ljusregistrering bestämdes på datalogen LabQuest 2. Tillslut täcktes både akvarium 1 och akvarium 2 med två stora svarta plastpåsar för att för att ljussensorn ska koncentrera sig bara på akvariets egen ljus.

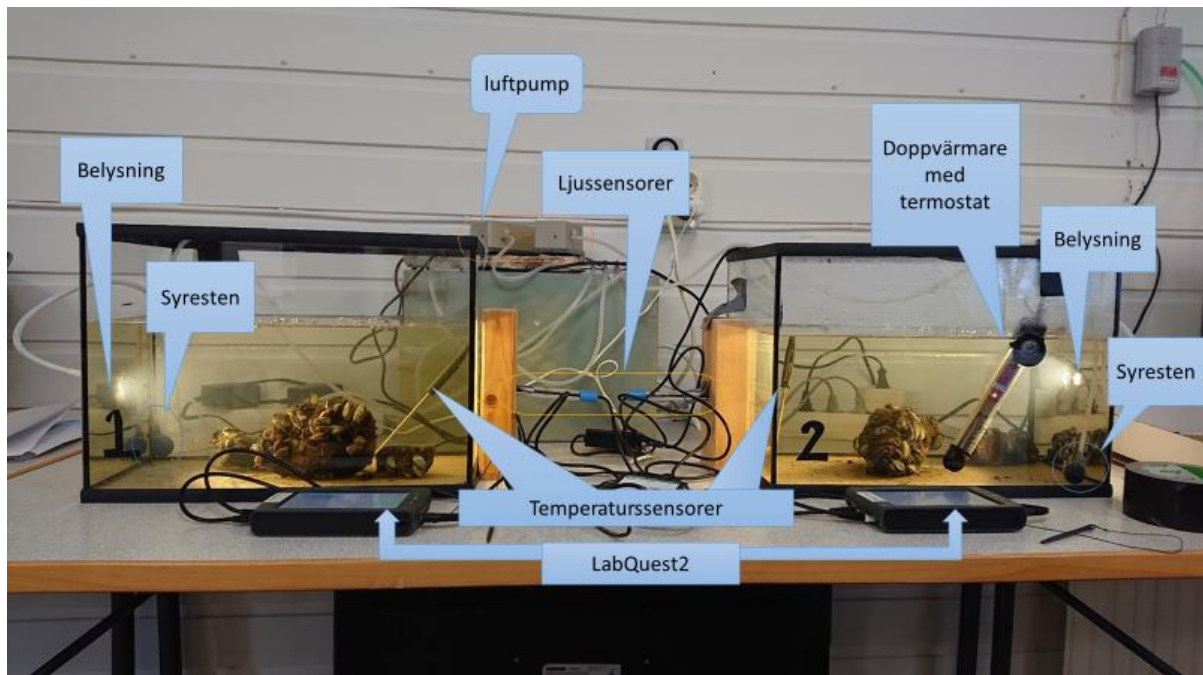


Bild 1 Föröktuppställning för Förökt 2

3.4.3 Förökt 3

Efter andra föröktet dvs. undersöknigen med musslor i båda akvarierna genomfördes ett till förökt. Samma mätuppställning från andra föröktet användes för tredje föröktets genomförande, se bild 2. Skillnaden mellan den andra och tredje föröktet var att doppvärmaren med termostat (temperaturreglerare) från förökt 2 fråntogs av akvariet med nummer 2 och placerades på insidan av akvariet med nummer 1 under förökt 3 genomförande, se bild 2. Vattnets temperatur i akvariet med nummer 1 värms upp till 25 °C medan vattnets temperatur i akvariet med nummer 2 kyls ner till 11 °C. Fin lera från första och andra föröktet blandades med vatten i en behållare och 1 dl av lerblandningen hålldes i båda akvarierna. En 20 timmars temperatur- och ljusregistrering bestämdes på datalogen LabQuest2. Både akvarium 1 och akvarium 2 täcktes tillslut med två stora svarta plastpåsar.

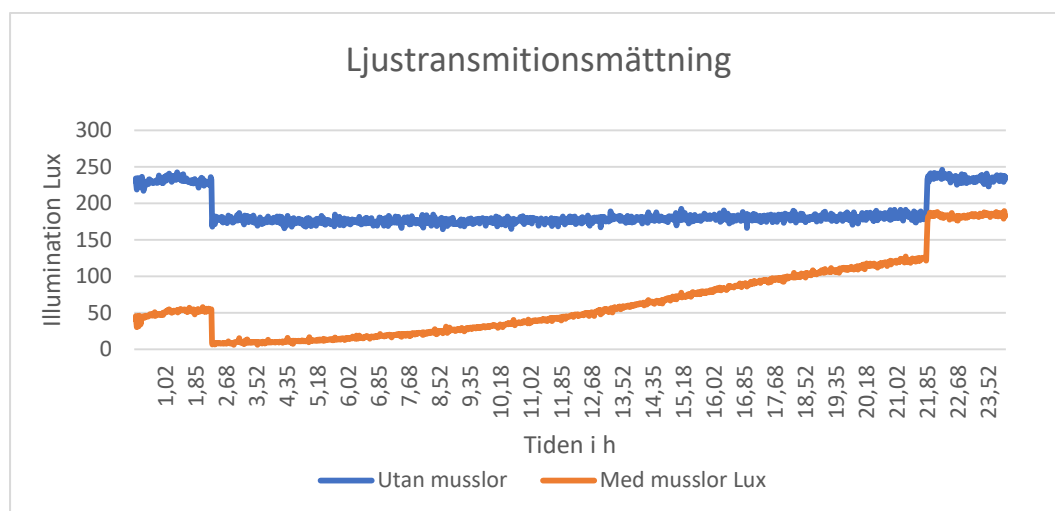


Bild 2 Föröktuppställning för Förökt 3

4. Resultat

4.1 Försök 1

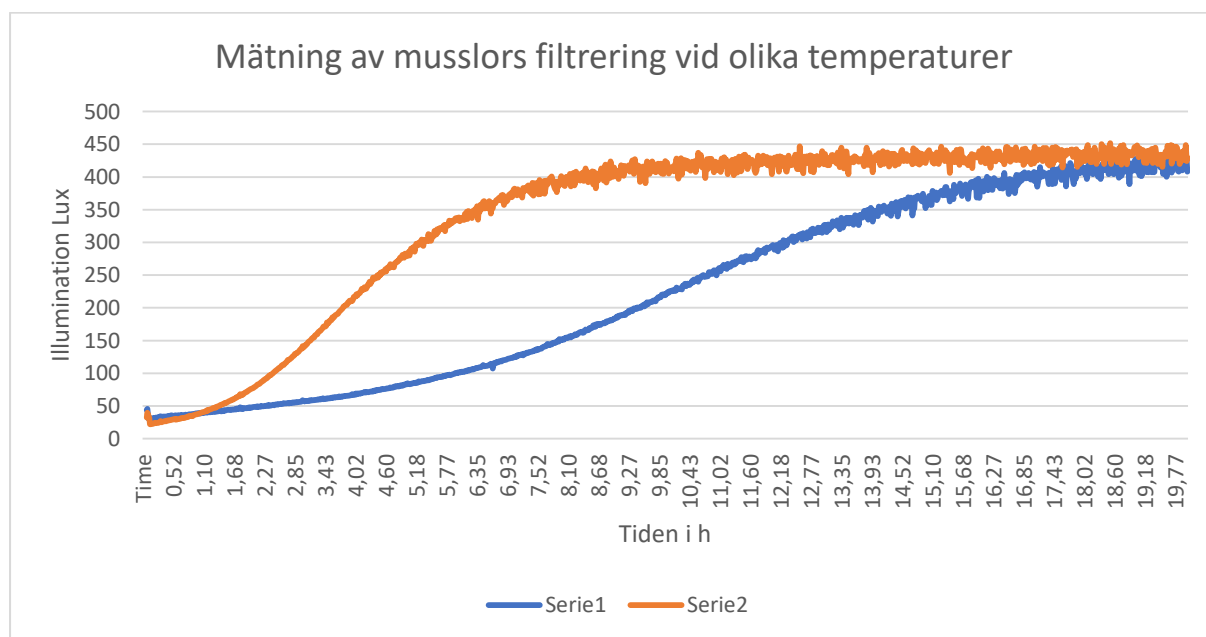
Första försöket gick ut på att bedöma om ljustransmissionsmätningar och lersuspension kan användas för att mäta musslors filtreringsförmåga. Resultatet från första försöket visade att lerblandningen som hölls i akvariet med musslor började filtreras med tiden. Detta syns på figur 1 i gula kurvan. I figur 1 uppvisar en ljustransmissionsökning 24 timmars registrering i akvarium med musslor. I akvariet nummer 1 det vill säga akvariet utan musslor observerades en konstant illumination lux under 24 timmars registrering (se figur 1, blåa kurva). Undersökningen visades att ljustransmissionsmätningar och lersuspension kan användas för att mäta musslors filtreringsförmåga.



Figur 1 Första Försök - Mätning av ljustransmission med suspenderad lera. Gul kurva – med musslor, blå kurva – utan musslor 2018-12-21

4.2 Försök 2

Andra försöket gick ut på att bedöma hur vandrarmusslans filtrering påverkas vid en rumstemperatur 15 °C samt 26 °C. Under en 20 timmars registrering i datalogen LabQuest2 blev sjövattnet med upplöst lera, vid vattentemperatur 26 °C, ren snabbare än i akvariet med vattentemperatur (rumstemperatur) 15 °C. Det observerades en hastig ljustransmissionsökning (Illumination lux), det vill säga att det gick igenom mer ljus i akvariet med vattentemperatur på 26 °C från ungefär 2 till 12 timmar, se figur 2, 26 grader C. Musslorna i akvariet med vattentemperatur på 15 °C filtrerade vattnet med lerpartiklarna långsammare men tillslut filtrerade musslorna i båda akvarierna lika effektivt, se figur 2. På bilderna 4 och 5 visas musslors filtrering innan respektive efter tillsats av lerblandning. Medan även en bättre filtrering anses i akvariet med vattentemperatur 26 °C, se bild 4, akvarium 2.



Figur 2 Försök 2-Mätning av musslors filtrering vid temperaturer på 15 °C och 26 °C som en funktion av tiden i timme.



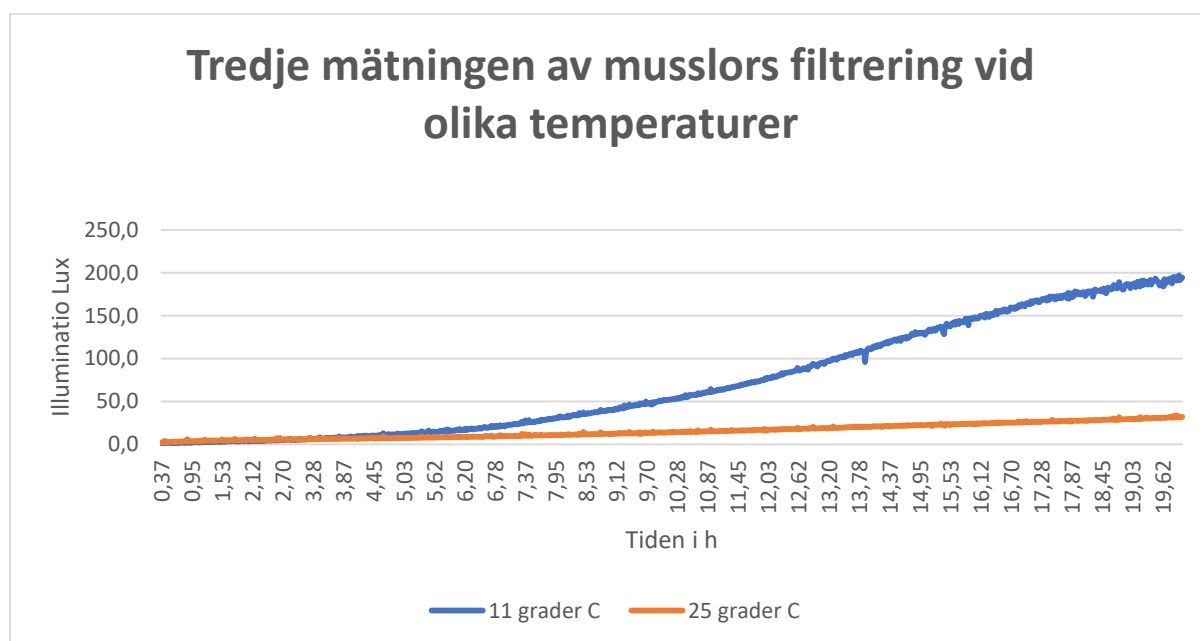
Bild 4 Mätning av musslors filtrering vid olika temperaturer- Innan filtrering 20190117



Bild 3 Mätning av musslors filtrering – Efter filtrering 20190117

4.3 Försök 3

I sista försöket, som var ett kontrollförsök för undersökningen med musslor i båda akvarierna, stämde resultatet med hypotesen att *musslorna kommer att filtrera bättre när temperaturen i vattnet ökar*. Musslorna i akvarium 1 med vattentemperatur 25 °C filtrerar vattnet bättre än i akvarium 2 med vattentemperatur 11 °C. Medan observerades en sämre filtrering i akvarium 2, se bild 7. I ljustransmissionsmätningarna observerades en ökning av illumination lux (vattnet är renare och det finns mer ljus som går igenom) i akvarium med nummer 1 under 20 timmars registrering på datalogen LabQuest2, se figur 3.



Figur 3 Försök 3-Kontrollförsök på andra försöket



Bild 5 Mätning av musslors filtrering försök 2 – Tillsättning av 1 dl upplöst lera-Innan filtrering 20190121

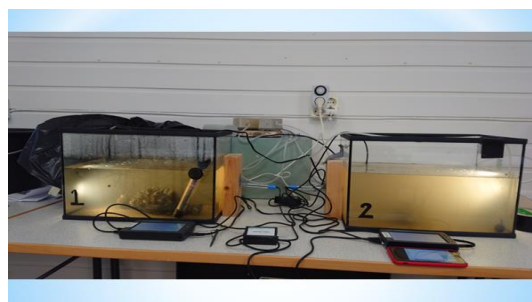


Bild 6 Mätning av musslors filtrering försök 2 – Efter filtrering 20190121

5. Diskussion

Hela experimentet genomfördes i tre olika försök och tredje försöket var ett kontrollförsök i den andra försöket. Den andra och tredje försöket gav samma resultat som stämde överens med hypotesen, vilken är att *musslorna kommer att filtrera bättre när temperaturen i vattnet ökar*. Tack vare undersökningen som utfördes för att mäta musslornas filtreringsförmåga, med hjälp av ljustransmissionsmätningar och lersuspension, observerade vi att musslorna filtrerade lerpartiklarna från lerblandningen. Det är viktigt att nämna att resultatet från första försöket gav oss en anledning att fortsätta med den andra försöket vilken hjälpte oss att få svar på frågeställningen.

5.1 Försök 1

Resultatet från första försöket, dvs. undersökningen med och utan musslor, visar en ökning på ljustransmissionen i akvariet med musslor medan ljustransmissionen i akvariet utan musslor visar ingen förändring. I figur 1 framgår det en ökning av illuminationen Lux, gula kurva, under 24 timmars registrering i datalogen LabQuest2. Ljustransmissionsökningen innebär att sjövattnet i akvariet blir renare än vad det var när lerblandningen hälldes i. Däremot syns det ingen förändring i illuminationen lux, blå kurva, se figur 1. Detta kan bero på att det inte fanns musslor i akvariet för att filtrera lerpartiklarna, därför var vattnet lika grumligt som i början. Resultatet för detta försök kan förklaras på flera olika sätt. Den första möjliga förklaringen är att vandrarmusslorna filtrerar vattnet på grund av deras filtrerande kapacitet. Som tidigare nämnt kan vandrarmusslorna ta upp partiklar och filtrera stora mängder vatten, läs avsnitt 2.2. På grund av detta skulle musslorna kunna filtrera vattnet från lerpartiklarna och vattnet skulle därför kunna bli renare som det blev i slutet. Den andra möjliga förklaringen är att i akvarierna tillfördes syre genom en luftpump med syresten för en god vattencirkulation samt syresättning. Fördelen med syresättningen i akvariet som innehöll musslor är att musslorna konsumerar syre som alla andra levande väsen. Den tredje möjliga förklaringen är tidsregistreringen i datalogen, att musslorna fick vara i akvariet i 24 timmar men inte mer eller mindre. Anledningen till att det bestämdes en 24 timmars registrering var att få ett tydligt resultat. Om registreringstiden var mer än 24 timmar då skulle det i figur 1 finnas en ökning i illumination Lux, i både blåa och gula kurvan efter 24 timmar. Orsaken skulle vara att lerpartiklarna hade sjunkit ner vid botten av akvarierna och mer ljus från lamporna hade gått igenom dem. Å andra sidan skulle vi inte kunna få tillräckligt mycket information för musslornas filtrering om tidsregistreringen var mindre än 24 timmar. Båda akvarierna var täckta med svarta plastpåsar och detta kan vara en möjlig förklaring till resultatet som vi fick från datalogen figur 3. Fördelen med att använda svarta plastpåsar var att isolera ljuset från lampan och ingen annat omgivande ljus kunde påverka experimentet. I fi 3 men även i tabell 1 syns det tydligt en abrupt minskning Lux i kurvorna när akvarierna täcktes med svarta plastpåsar. Däremot observeras det en markant ökning när akvarierna avtäcktes under registreringen i datalogen.

En fråga som skulle kunna ställas för första försökets resultat är *varför fanns det olika startvärde för illumination Lux i både akvarium med musslor respektive utan musslor?* I figur 1 syns det tydligt att gula och blåa kurvan har olika startvärde, dvs. blåa kurvan har från början en ökad illumination lux medan den gula kurvan har lägre startvärde illumination lux. Detta kan bero på att akvarierna hade olika lux från början. En möjlig förklaring till att varför akvariet med musslor hade från början låg illumination Lux är på grund av musslornas mörka färg som lede till en låg ljustransmission i början av försöket. Skillnaden i startvärden för illumination Lux mellan akvariet med och utan musslor påverkade inte resultatet. I detta försök var fokuset att observera en illuminationsökning i akvariet med musslor vilket vi gjorde. Skillnaderna mellan värdena spelade ingen stor roll.

5.2 Försök 2

I den andra försöket fann vi att vandrarmusslorna i akvariet med vattentemperatur 26 °C filtrerade lerblandningen bättre och snabbare. Om vi jämför bild 4 med bild 5 syns det tydligt att musslorna i akvarium 1 och 2 filtrerade lerblandningen som vi lade i akvariet från början, se bild 5. En möjlig förklaring till detta är att vandrarmusslorna har en inbyggd filtrerande kapacitet att filtrera stora mängder vatten, läs avsnitt 2.2. I en försiktig observation mellan akvarium 1 och 2 i bild 4 framgår det att akvarium 1 med vattentemperatur på 15 °C har sämre filtrering än akvarium 2 med vattentemperatur 26 °C. Dessutom syns det en tydlig skillnad i filtreringen mellan musslorna i akvarierna i figur 2. I figur 2 syns det en tydlig illumination Lux ökning i akvarium med vattentemperatur 26 °C, gul kurva. Som tidigare nämnt innebär illumination Lux ökning en bättre ljustransmission, det vill säga att vattnet är renare än från början. Däremot filtrerar inte musslorna i akvariet med vattentemperatur på 15 °C lika snabbt lerpartiklarna. Med hänsyn till resultatet som vi fick kan man dra slutsatsen att musslorna filtrerar bättre och snabbare vid vattentemperatur på 26 °C. Det är värt att notera att i båda akvarierna filtrerade musslorna lika effektivt efter 20 timmar, se figur 2. Därför bestämdes det från början en 20 timmars tidsregistrering. Detta kan varken bero på att det inte fanns lerpartiklar kvar att filtrera eller att lerpartiklarna hade sjunkit ner till botten av akvarierna.

Resultatet i den andra försöket kan förklaras på två olika sätt. För det första har vandrarmusslorna sitt ursprung i Svarta och Kaspiska havet, läs avsnitt 2.1. Där är vattnet varmare än i Mälaren vilket innebär att vandrarmusslorna uppkommer från varmare miljöer. Som tidigare nämnts i avsnittet 2.1, förökar vandrarmusslorna sig under en gynnsam säsong som är vår/sommar där vattentemperaturen är hög medan befruktade ägg utvecklas till larver vid en temperatur på 20-22°C. I detta fall skulle man kunna tänka på att musslorna filtrerar mer i varma vattentemperaturer än i kalla. För det andra består vandrarmusslorna av två muskler som hjälper till skalen att dras ihop (NE 2019). Musslornas två muskler består av muskelvävnader såsom människans vilka i sin tur blir mer elastiska vid högre temperaturer och ger upphov till bättre rörelse. Med andra ord kan vandrarmusslorna filtrera bättre när vattentemperaturen ökar för att muskelvävnadens elasticitet ökar. En elastisk muskelvävnad ger upphov till flera rörelser i skallen per timme, det vill säga att filtrera snabbare.

5.3 Försök 3

Tredje försöket, med skiftande värme bekräftade det andra försökets resultat men det blev nästan ingen filtrering i det kalla akvariet. I resultatet observerade vi att musslorna i akvariet med vattentemperatur upp till 25 °C filtrerar vattnet bättre än musslorna i akvariet med 11 °C vattentemperatur. I bild 7 syns det tydligt en sämre filtrering i akvarium 2 medan i akvarium 1, det vill säga där vi lade fast doppvärmaren för att värma upp vattentemperaturen upp till 25 °C, observerades en ökning i ljustransmissionen under 20 timmars registrering på datalogen LabQuest2, se figur 3. I jämförelse med försök 2 var vattenfiltreringen inte lika effektiv, se bild 8 respektive 9. Detta kan bero på att musslorna i kontrollförsöket inte hann att akklimatisera sig i de nya temperaturerna som bestämdes. Doppvärmaren från akvarium 2 lades direkt in i akvarium 1 vilken ledde till en 10 °C hastig temperaturförändring från 15 °C till 25 °C. Medan akvariet 2 kylde ner i kontrollförsöket från 26 °C till 11 °C. En annan förklaring till denna ljustransmissionsskillnad mellan andra och tredje försöket kan vara att musslorna inte fick stanna längre tid i akvarierna utan föda under tredje försökets genomförande vilket kan vara förklaringen till en sämre filtrering. Dessutom användes under tredje försökets genomförande en högre vattentemperatursskillnad mellan akvarierna 1 respektive 2. Vattentemperatursskillnaden mellan akvarierna 1 och 2, i den tredje försöket, var ungefär 14 °C medan i försök 2 var vattentemperatursskillnaden ungefär 11 °C. Detta

bero på att rumstemperaturen skilde från försök 2 till 3 på grund av att vädret var kallare när försök 3 genomfördes.



Bild 8 Försök 2 efter musslornas filtrering

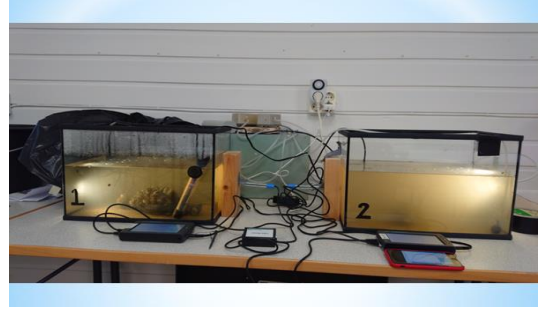


Bild 7 Försök 3 efter musslornas filtrering

5.4 Resultatets och metodens tolkning och utvärdering

Sammantaget kan resultaten från dessa tre försök tyda på att vandarmusslornas filtrerande förmåga kommer att förbättras vid höga vattentemperaturer. Denna slutsats baseras på ljustransmissionsökningen i akvariet med vattentemperatur på 26 °C, läs avsnitt 4.2, Försök 2, men även på ljustransmissionsökningen i akvariet med vattentemperatur på 25 °C, läs avsnitt 4.3, Försök 3. Undersökningen har besvarat undersökningens frågeställning att vandarmusslan filtrerar sjövattnet med lerblandningen vid höga vattentemperaturer och slutsatsen stämmer även överens med min hypotes som är att *musslorna bör filtrera bättre vid höga vattentemperaturen*.

Metoden som vi använde oss av fungerade väl och vi fick ett tydligt resultat som besvarade vår frågeställning. Den fina leran som användes i varje försök bidrog till att få en tydlig transmissionsmätning och till att kunna observera musslornas filtreringsförmåga. Temperaturerna som användes under andra försöket med musslorna i båda akvarierna var 15 °C och 26 °C medan i tredje försöket användes temperaturerna 11 °C respektive 26 °C. Vi valde en temperaturskillnad på ungefär 10 °C för att få ett tydligt resultat. Varje utrustning samt mätuppställningen som vi fick använda under hela experimentet hjälpte till att utföra framgångsrik alla tre försök framåt. Vi var dock medvetna om att vi hade kunnat använda oss av andra metoder för att få svar på experimentets frågeställning som till exempel att flera temperaturer kunde ha provats för att undersöka musslornas filtrerande förmåga. Istället för två akvarier kunde vi kunnat använda tre akvarier och dela upp musslorna med hänsyn sina storlekar i försök 2.

En felkälla till resultatet som var viktig att undvika är musslornas upplöckning från bara en plats i Mälaren. Att välja flera ställen att upplöcka musslorna skulle möjligtvis ge oss mer underlag på hur ekosystemet som musslorna lever i kan påverka deras filtrerande funktion. En annan felkälla kan också var att vi undersökte bara fyra olika vattentemperaturer. Om vi hade undersökt musslornas filtrerande förmåga under flera vattentemperaturer än vad vi undersökte skulle vi kunnat få mycket mer data. Om vi hade gjort fler försök med olika temperaturer skulle vi kunna ha kunskap om vilken är den maximala och den minimala vattentemperaturen värden som vandarmusslorna kunde minst respektive max filtrera. Något som också kan ha påverkat resultatet är födan. Vi valde att inte tillföra plankton i akvarierna vilket lede till att musslorna inte fick föda. Detta syns tydligt i avsnitt 4.3 Försök 3, bild 7, där syns det en sämre filtrering.

5.4.1 Konsekvenser av vandarmusslors filtrering

Med hänsyn till tidigare ovannämnd information om *Vandarmusslan som art* i avsnitt 2.1, men även till resultatet som vi fick, avsnitt 4. *Resultat*, kan man säga att vandarmusslorna kan påverka ekosystemet på olika sätt. För det första kan vandarmusslorna överleva och fortsätta filtrera vattnet i Mälaren. Detta kan leda till att vattnet blir renare vilket gynnar makroalger och växter som lever på botten. För det andra är vandarmusslorna mat för andra djur som till exempel olika slags fiskar och sjöfåglar därför är det viktigt att finnas kvar på planeten vid ett ökat klimat (HaV 2018). Däremot finns det också negativa effekter från vandarmusslans effektiva filtrering. För det första kan andra musselarter i ekosystemet börja försvinna på grund av att vandarmusslan är en födokonkurrent. För det andra förökar vandarmusslor sig vid gynnsamma höga vattentemperaturer och bildar täta kolonier. Vid badplatser där det finns täta musselpopulationer blir det förbjuden för invånarna eller turister att bada för att den orsakar skärskador (HaV 2018) (Avsnitt 2.1)

5.5 Vidare forskning

En fördjupad studie om vandrarmusslans filtrerande kapacitet skulle kunna öppna framtida frågeställningar så som: Vilken kan vara den minsta respektive den högsta vattentemperaturen som vandrarmusslorna kan filtrera i? Hur påverkas vandrarmusslans filtrerande funktion i olika PH-värde och salthalter? En fortsättning till detta experiment bör vara att mata musslorna med phytoplankton och undersöka deras filtrerande kapacitet? Eftersom tidiga forskningar saknas kan man tänka på att det är viktigt att utföra detta experiment för att få ett mer trovärdigt resultat.

Källförteckning

Amy J. Benson, (2018) USGS-factsheet, *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771). Revision Date: 2/13/2018 <https://nas.er.usgs.gov/queries/FactSheet.aspx?speciesID=5> (2019-02-03 19:07)

Anna Eklund, Katarina Stensen, Ghasem Alavi, Karin Jacobsson (2018): *Sveriges stora sjöar idag och i Framtiden: Klimatets påverkan på Väner, Vättern, Mälaren och Hjälmaren*.

Kunskapssammanställning februari 2018. SMHI Klimatologi Nr 49 (2019-02-04 23:19)

https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.130362!/klimatologi_49.pdf

Havs- och vattenmyndigheten (2018) Vandrarmussla (*Dreissena polymorpha*). Publicerat: 2015-12-03 <https://www.havochvatten.se/hav/fiske--fritid/arter/arter-och-naturtyper/vandrarmussla.html> (2018-11-06 10:09)

Illustrerad Vetenskap (2015) Hur parar sig musslor och sniglar? Publicerat: 14-01-15 <https://illvet.se/djur/parning/musslor-och-sniglar-hur-parar-de-sig> (2019-01-19 17:43)

Katarina Stensen, Johanna Tengdelius-Brunell, Elin Sjökvist, Elinor Andersson, Anna Eklund (2017): SMHI KLIMATOLOGI Nr 46, Vattentemperaturer och is i Mälaren: *Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden*. Publicerat: 2017-12-05

https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.128133!/Klimatologi_46.pdf (2019-02-09 17:12)

L. M. Dionisio Pires, B. M. Bontes, E. Van Donk and B. W. Ibelings (2005): *Grazing on colonial and filamentous, toxic and non-toxic cyanobacteria by the zebra mussel Dreissena polymorpha*, Journal of plankton research <https://academic.oup.com/plankt/article/27/4/331/1508404> (2019-02-03 19:04)

Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny, Axén

Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015): *Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier*. SMHI Klimatologi nr. 21, 2015 8

[file:///C:/Users/kka0307/Downloads/2015%20SMHI%20Framtidsklimat i Stockholms L%C3%A4n K klimatologi nr 21%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/kka0307/Downloads/2015%20SMHI%20Framtidsklimat%20i%20Stockholms%20l%C3%A4n%20Klimatologi%20nr%2021%20(1).pdf) (2019-04-10 14:07)

Nationalencyklopedin (2019), växthuseffekten.

<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/v%C3%A4xthuseffekten> (2019-04-12)

Nationalencyklopedin (2019), Musslor

<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/musslor> (2019-03-03 16:02)

Naturskyddsföreningen (2019), Den globala uppvärmningens konsekvenser

<https://www.naturskyddsforeningen.se/vad-vi-gor/klimat/konsekvenser-global-uppvarmning> (2019-04-10 15:55)

SMHI (2018) Klimatindikator – havsvattenstånd. Publicerat: 20 april 2018

<https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/klimatindikatorer/klimatindikator-havsvattenstand-1.2260> (2019-04-10 14:49)

SMHI (2018) Mälaren i ett framtida klimat

<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/malaren-i-ett-framtida-klimat-1.130180> (2019-02-04 22:06)

SO-rummet (2019), Global uppvärmning. Uppdaterat <https://www.sorummet.se/kategorier/geografi/miljo-och-hallbarhetsfragor/klimatforandringar-och-global-uppvarmning> (2019-04-12 21:29)

WWF (2019) Klimat-Klimatförändringars konsekvenser WWF.se
<https://www.wwf.se/klimat/konsekvenser/> (2019-04-10 15:08)