

Rekvirent

Gudenå komiteen
v/ Randers Kommune
Natur og Miljø
Laksetorvet
8900 Randers

Rådgiver

Orbicon A/S
Jens Juuls Vej 16
8260 Viby J
Telefon 87 38 61 66
E-mail @orbicon.dk

Sag	1320900036
Projektleder	Per Andersen
Udført af	Per Andersen, Per Grøn og Bjarne Moeslund
Redigering	GTS
Kvalitetssikring	BSJ
Revisionsnr.	1
Godkendt af	LAS
Udgivet	Juni 2009

Gudenåkomiteen v/Randers Kommune

**Opsummering af foreliggende viden om vandremuslingens
biologi og økologi med fokus på forekomsten i Danmark
og betydningen for vandløbs- og søforvaltningen i
Gudenå-systemet.**

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Sammenfatning	3
2	Introduktion	5
3	Vandremuslingens biologi	7
3.1	Oprindelse og spredning	7
3.2	Taxonomi/identifikation	7
3.3	Livscyklus.....	9
3.4	Populationsdynamik/invasjoner.....	12
3.5	Fødebiologi	16
3.6	Generelle økologiske forhold	17
3.7	Miljøparametre som kan være begrænsende for udbredelsen/ forekomsten af vandremuslingen	19
4	Forekomsten af vandremuslingen i Danmark	25
4.1	Forekomsten i Gudenå-systemet.....	25
5	Vandremuslingens betydning for målopfyldelse i vandløb og søer i Gudenå-systemet	27
5.1	Vandremuslingen i relation til vandplanens målsætninger for vandløb og søer	27
5.2	Vandremuslingen i relation til Naturplanens målsætninger for vandløb og søer	28
6	Vandremuslingens påvirkning af udvalgte "arter" af dyr og planter i vandløb og søer	30
6.1	Guldsmede – Grøn Kølleguldsmed (<i>Ophiogomphus cecilia</i>).....	30
6.2	Vandløb – DVFI "arter"	32
6.3	Vandløb – andre "arter" som har potentiale som miljøindikator	32
6.4	Søer – effekter på "arter" og miljøindikatorer	33
7	Mulige forvaltningsmæssige effekter af vandremuslingens forekomst i Gudenå-systemet.....	36
7.1	Vandløbene	36
7.2	Søerne.....	36
7.3	Spredning til andre søer/vandløb i Gudenåens opland	37
8	Mulige praktiske effekter af vandremuslingens forekomst i Gudenå- systemet.....	38
9	Muligheder for kontrol af bestanden af vandremuslinger i Gudenå- systemet.....	39
10	Fremtidige tiltag og undersøgelser, der kan sikre en fortsat vidensopbygning til brug for den løbende indsats mod fortsat spredning og imødegåelse af effekterne af tilstedeværelsen af vandremuslingen i Gudenå-systemet.....	41
11	Referencer.....	42

- Vandremuslingen er en ikke naturligt forekommende art, som har været kendt i Danmark siden ca. 1840.
- Den blev første gang registreret på Sjælland og er siden ca. 1950 blevet registreret i Syd-Jylland.
- Vandremuslingen blev registreret i Gudenåsystemet første gang i Knud Sø i 2006 og har siden bredt sig nedstrøms og opstrøms i vandsystemet.
- Vandremuslingen er en invasiv art, det vil sige at den er ført hertil fra fremmede egne, at den er i stand til at overleve og formere sig naturligt her i landet og at den er i stand til at danne masseforekomst med mulige negative effekter på de naturlige plante- og dyresamfund.
- Det vurderes at habitatkvaliteten i Gudenå-systemet, og især i Gudenå-systemets søer, er velegnet for vandremuslingen. Den finder også egnede levesteder i Gudenåens hovedløb, der for en stor dels vedkommende er påvirket af planktonrigt vand fra søerne.
- Vandremuslingen spredes erfaringsmæssigt hurtigt nedstrøms og indenfor vandsystemer
- Vandremuslingen spredes langsomt opstrøms og mellem vandsystemer. Sidstnævnte forudsætter "hjælp" fra mennesket.
- Vandremuslingens betydning for miljøtilstanden i søer og vandløb er i høj grad afhængig af tætheden af bestanden.
- I søerne kan vandremuslingens tilstedeværelse påvirke de kvalitets-elementer som anvendes ved vurdering af miljøtilstanden, i forhold til bl.a. vandrammedirektivet. Det sker specielt gennem græsningen på planteplanktonet og den deraf følgende nedgang i koncentrationen af klorofyl-a, der for nærværende er den eneste kvalitetselement, der anvendes for søer. De lavere koncentrationer af klorofyl-a betyder mere klart vand.
- På vandløbsstrækninger nedstrøms søer med vandremuslinger vil en forøgelse af vandets klarhed medføre forbedrede forhold for undervandsvegetationen. Det er velkendt, at vandremuslingen kan have en meget negativ effekt på bestande af andre ferskvandsmuslinger primært på grund af konkurrence om føde og plads samt begrænsning af de andre ferskvandsmuslingernes normale adfærdsmønstre.
- I søer kan etablering af store bestande af vandremuslinger medføre en forarmning af det pelagiske system, mens det benthiske system beriges. Det kan medføre en reduktion i mængden af pelagiske fisk og en stigning i mængden af bundlevende fisk.
- I lighed med søerne kan vandremuslingens tilstedeværelse i vandløbene påvirke de kvalitetselementer, der i følge Vandrammedirektivet skal lægges til grund for bedømmelsen af den økologiske tilstand.
- I vandløbene forventes vandremuslingens effekter på smådyrsfaunaen ikke i almindelighed at give anledning til reduktioner af DVFI-værdien, der for nærværende er den centrale kvalitetsparameter for den økologiske tilstand i vandløb.
- Det kan dog ikke udelukkes, at der i tilfælde af masseforekomst af vandremuslinger kan ske så markante ændringer i habitatkvaliteten for

smådyrsfaunaen, at det vil kunne medføre mindre reduktioner i DVFI-værdien.

- Det forventes at mindre bestande af vandremuslinger i vandløb kan få positiv betydning for smådyrsfaunaen og dermed en mulig positiv effekt på DVFI-værdien, særlig hvor denne er påvirket af mangel på fast substrat i vandløbsbunden.
- Det kan ikke udelukkes, at vandremuslingen kan få negativ effekt på bestandene af den strengt beskyttede Bilag-IV-art, grøn kølleguldsmed.
- Vandremuslingen er et "fremmedelement", der i bedste fald kan reducere symptomerne på forhøjede koncentrationer af næringsstoffer, men uden at fjerne de underliggende årsager. Det betyder, at målopfyldelse som følge af tilstedeværelse af vandremusling i søerne og vandløbene vil være meget følsom overfor bestandenes størrelse og artens overlevelse i systemet. Sammenbrud i bestandene af vandremuslinger eller lokal nedgang i individtætheden kan blive kritisk i forhold til den fremtidige målopfyldelse.

Vandremuslingen/zebramuslingen (*Dreissena polymorpha*) er siden 2006 blevet registreret i dele af Gudenå-systemet. Vandremuslingen er kendt for at kunne invadere søer og vandløb med markante ændringer af miljøforholdene som resultat. Vandremuslingen er med på Miljøministeriets officielle liste over invasive arter, der defineres som "ikke hjemmehørende arter, hvis introduktion og/eller spredning truer den biologiske mangfoldighed", Miljøstyrelsen 2008.

I dette notat gives der introduktion til vandremuslingens biologi samt et overblik over de forvaltningsmæssige forandringer, problemer og udfordringer, som tilstedeværelsen af vandremuslingen i Gudenå-systemet kan forventes at stille myndighederne overfor.

Der findes en særdeles omfattende litteratur om vandremuslingen. Litteraturens omfang afspejler den opmærksomhed, der har været og stadig er på verdensplan omkring arten. Opmærksomheden skyldes, at vandremuslingens indvandring kan have meget stor betydning både for de naturlige økosystemer og for kommercielle og rekreative interesser i og omkring søer og vandløb. En grundig granskning af hele denne "vidensbase" ligger langt uden for rammerne af dette projekt. Tilgangen til opgaven er derfor at give en oversigtlig redegørelse for de forventelige effekter i Gudenå-systemet, baseret på dels litteraturen, og dels viden fra andre danske vandområder med forekomst af vandremuslingen.

Redegørelsen indeholder en oversigtlig opsummering af de vigtigste kendte påvirkninger fra vandremuslingen på de kvalitetselementer, biologiske såvel som fysiske og kemiske, der ifølge Vandrammedirektivet skal lægges til grund for bedømmelsen af den økologiske tilstand i vandløb og søer. Redegørelsen vil dermed give et overblik over, hvordan tilstedeværelsen af vandremusling i Gudenå-systemet kan forventes at påvirke forudsætningerne for målopfyldelse i såvel vandløbene som søerne. Både negative og positive effekter vil blive omtalt.

For søernes vedkommende drejer det sig især om hvordan indvandringen af vandremuslingen kan påvirke målopfyldelsen for miljøtilstanden i søerne i Gudenå-systemet. Det vil blive dokumenteret hvordan vandremuslingen kan få betydning for vandets indhold af kvalitetselementet "planteplankton" (biomasse, artssammensætning, forskydninger mellem grupper og andre populationsdynamiske forhold af relevans) og de deraf afledte effekter på vandets indhold af klorofyl (den aktuelt eneste kvalitetsparameter for søer), vandets klarhed og undervandsvegetationen. Derudover belyses muslingernes påvirkning af substratforholdene og levevilkårene for den naturlige invertebratafauna. Det er søgt afklaret, om, og i givet fald hvordan, vandremuslingen påvirker levevilkårene for søernes fiskefauna. Sidstnævnte kan have afledte effekter på fiskeriet.

For vandløbenes vedkommende drejer det sig især om, hvordan indvandringen af vandremuslingen kan påvirke forudsætningerne for målopfyldelsen for miljøtilstanden i vandløbene ved at ændre på substratforholdene og dermed især effekterne på kvalitetselementet "benthiske invertebraters" levevilkår. Det vil

blive diskuteret hvordan vandremuslingens forekomst kan få betydning for Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI). Desuden vil det blive diskuteret hvordan levevilkårene for bilag IV-arten grøn kølleguldsmed kan blive påvirket ved indvandring af vandremuslingen. Derudover drejer det sig om vandremuslingens effekter på fiskefaunaen, for hvilken især ændringer af gydesubstratets tilgængelighed og egnethed kan være et problem.

I forlængelse af de generelle effekter på natur- og miljøtilstanden i de inficerede vandområder lægges der særlig vægt på at vurdere de mulige konsekvenser af indvandring eller spredning af vandremusling til Natura 2000-søtyperne i Gudenå-systemet.

I tillæg til påvirkningen af naturindholdet og dermed natur- og miljøtilstanden forventes vandremuslingens tilstedeværelse også at få betydning for andre forvaltningsmæssige opgaver og forpligtelser.

3 Vandremuslingens biologi

3.1 Oprindelse og spredning

Vandremuslingen *Dreissena polymorpha* er en ferskvandsmusling der oprindeligt stammer fra området ved det Kaspiske Hav og Sortehavet. Den findes i søer, damme, åer og brakvandsområder, hvor den – på samme måde som blåmuslingen sidder fasthæftet på faste substrater ved hjælp af byssustråde.

I første halvdel af det 18. århundrede bredte den sig i Mellemeuropa. Det menes, at den er indvandret til Danmark omkring 1840, hvor den første gang blev registreret i Københavns-området, Mandahl-Barth 1949. Efterfølgende spredte den sig til flere ferskvandsystemer på den østlige del af Sjælland blandt andet til Furesøen og Esrum Sø. Desuden findes den nu også i Tissø på vest Sjælland. I Jylland har den hidtil været kendt fra Jelssøerne, hvor den dukkede op omkring 1950, Sønderjylland Amt 1992. Senere, i 1993/1994 blev den også registreret i Fårup Sø ved Vejle. I Gudenå-systemet blev den første gang registreret i Knud Sø i 2006 og er efterfølgende blevet registreret både opstrøms og nedstrøms Knud Sø.

Vandremuslingen har også spredt sig til områder uden for Europa. Det bedst kendte eksempel er Nordamerika. Det menes at Vandremuslingen blev spredt fra Europa til Nordamerika via transatlantiske skibes ballastvand. I Amerika begyndte invasionen i 1988 i Lake St. Clair. I løbet af få år blev den efterfølgende spredt til alle "The Great Lakes" og findes nu i de fleste af nord-øst Amerikas søer fra "The Great Lakes" i Nord til Mississippi i Syd. I 2007-2008 er den også blevet registreret i Californien så den nu også forekommer i den vestlige del af Amerika, http://cistr.ucr.edu/quagga_zebra_mussels.html.

3.2 Taxonomi/identifikation

Vandremuslingen hører til klassen Bivalvia og ordenen Veneroida. Den har sin egen familie Dreissenidae, hvori slægten *Dreissena* er defineret. Indenfor slægten er der 13 kendte arter.

Slægt *Dreissena*: *D. africanae*, *D. blanci*, *D. brardii*, *D. bugensis*, *D. caspia*, *D. cochleata*, *D. leucophaetus*, *D. polymorpha*, *D. polymorpha marina*, *D. rostriformis*, *D. rostriformis pontocaspica*, *D. sallei*, *D. simplex*, http://zipcodezoo.com/Key/Animalia/Dreissena_Genus.asp.

Vandremuslingens latinske navn *Dreissena polymorpha* henviser til, at dens udseende, især farvemønstret på skallerne kan udvise stor variation. De fleste er dog mørkebrune, med hvide koncentriske bånd som er årsag til vandremuslingens andet almindeligt anvendte navn "zebra-muslingen".

Den voksne vandremusling er 0,5-3,5 cm lang, figur 1. Længdevæksten afhænger primært af tilgængeligheden af føde. Efter et år er længden af vandremuslingen typisk 1-1,5 cm, men kan være op til 2,5 cm mens en to årig vandremusling typisk er 1,5-2,0 cm lang, men kan være op til 3,5 cm, Vejle Amt 2006. Den maksimale størrelse opnås efter 3-4 år. Vandremuslingen kan blive 6 - 19 år gammel (Karpevich, 1964).

Vandremuslingen findes fasthæftet på alle slags faste substrater, enten som enkelt-individer eller oftere som klumper af individer i kolonier, figur 1. Ved meget høje tætheder kan vandremuslingen danne egentlige muslingerev med op til mere end 100.000 individer pr kvadratmeter. Det er eksempelvis tilfældet i øst-enden af Remstrup Å ved Silkeborg. Vandremuslingen kan ikke forveksles med andre danske ferskvandsmuslinger, men ligner flere af de andre Dressede muslinger for eksempel Quaggamuslingen *Dreissena rostriformis bugensis*, som også er en invasiv art. Quagga muslingen er tilsyneladende en mere sydlig art, der holder til i søer, som er mindre produktive og dermed mere klarvandede end de søer, der typisk invaderes af Vandremuslingen. Det bør på den baggrund løbende undersøges, om de bestande af vandremuslinger, vi har i Danmark, består af arten *Dreissena polymorpha* eller om nogle af de andre arter også forekommer til Danmark.

Vandremuslingen kan blandt andet adskilles fra Quagga muslingen på skallerens form og farvemønstre. Et godt kendetegn er, at den ventrale side af vandremuslingens skaller er flad, mens den er afrundet hos Quagga muslingen. En simpel test til at finde ud af om den ventrale side er flad eller afrundet, er at anbringe muslingerne på deres ventrale side. Den flade vandremusling vil blive stående opret, mens den afrundede Quagga muslinge vil vælte (Claudi & Mackie, 1994).



Figur 1.

Muslingerev i Remstrup Å med indsat nærbillede af en vandremusling fra Fårup Sø (foto Per Grøn/Per Andersen).

3.3

Livscyklus

Vandremuslingen er særkønnet, dvs. det enkelte individ er enten han eller hun. Æg og sæd gydes, som for eksempel hos blåmuslingen, ud i vandet hvor befrugtningen finder sted. En hun kan producere 30.000 - 1 million æg per år. Gydningen sker hovedsageligt, når vandtemperaturen overstiger 12°C, og er mest intens ved 15°-17°C (Nichols, 1993; Claudi & Mackie, 1993). Kønsmodne vandremuslinger er registreret ned til en størrelse på kun 3 mm er registreret, men oftest bliver individerne først kønsmodne ved en størrelse på 8-9 mm, hvilket er en størrelse som under normale vækstforhold nås indenfor det første år.

Det befrugtede æg udvikler sig først til en fritsvømmende, planktonisk trocofor-larve. Trocoforlarven svømmer og fanger føde ved hjælp af cilier. Trocoforstadiet er kortvarigt (6-20 timer). Herefter videreudvikles larven til veligerstadiet, som ligner en lille musling med skal. Veligerlarven er også fritsvømmende og planktonisk. Veligerstadiet kan vare 3-4 uger. I denne periode kan veligerlarven komme langt omkring afhængigt af strømforholdene.

Veligerlarven gennemlever fire stadier:

1. D-stadiet, hvor larven er meget tyndskallet, og hvor der ikke kan ses tydeligt mønster på skallen. Skallen er D-formet, med en lang lige bagkant.
2. Umbo-stadiet, hvor der ses mønster på skallerne og hvor umbo er dannet.
3. Pediveliger-stadiet, hvor foden er veludviklet, og larven begynder at afsøge bunden for egnet substrat at slå sig ned på.
4. Plantigrad-stadiet, hvor larven ligner en lille, færdigudviklet musling og kan sætte sig fast ved hjælp af bysustråde.
5. Vandremuslingens larver er i alle stadier fritlevende. Den er således, i modsætning til de fleste andre ferskvandsmuslinger, ikke afhængig af spredning/transport ved hjælp af fisk.

En forekomst af de tidlige stadier af veligerlarver i et vandområde viser, at gydningen må være sket tæt på lokaliteten hvor larverne er fundet, mens de senere stadier kan findes langt væk fra gydelokaliteten.

Mens veligerlarven svømmer rundt, forsøger den at finde egnet substrat som den kan slå sig ned på. Når den finder egnet substrat, som kan være alt fast substrat, lige fra sten og muslingeskaller til vandplanter, bolværk, skibskrog, kølevandskanaler på bådmotorer, bøjler, riste for vandindtag etc., slår den sig ned og fæster sig på substratet ved hjælp af bysustråde, på samme måde som f.eks. blåmuslingen. Andre muslinger, f.eks. dammuslinger, er et meget hyppigt anvendt substrat for vandremuslingen. I det sidste larvestadie, før den slår sig ned (pediveliger stadiet), kan vandremuslingen både svømme og krybe omkring ved hjælp af foden. De små vandremuslinger kan lave en speciel drift-bysus, som anvendes til transport af muslingen, lidt ligesom flyvende sommer hos små edderkopper.

Dødeligheden blandt larverne i de planktoniske stadier er meget stor og kan være højere end 99%, se figur 2. Dødeligheden skyldes blandt andet predation fra fisk og vandlopper samt andre muslinger inkl. vandremuslingen selv. Fiske-larver fra arterne Smelt (*Osmerus espe lanus*), Sandart (*Lucioperca lucioperca* eller *Stizostedion lucioperca*), Hork (*Acerina cernua*) og Skalle (*Rutilus rutilus*) samt småfisk iøvrigt (10-16 mm) og nogle cyclopoide vandlopper kan æde vandremuslingelarver (Sprung, 1993). Desuden er infektion med bakterier og virus og angreb fra parasitter samt fødemangel og mangel på egnet substrat at slå sig ned på sandsynlige dødsårsager.

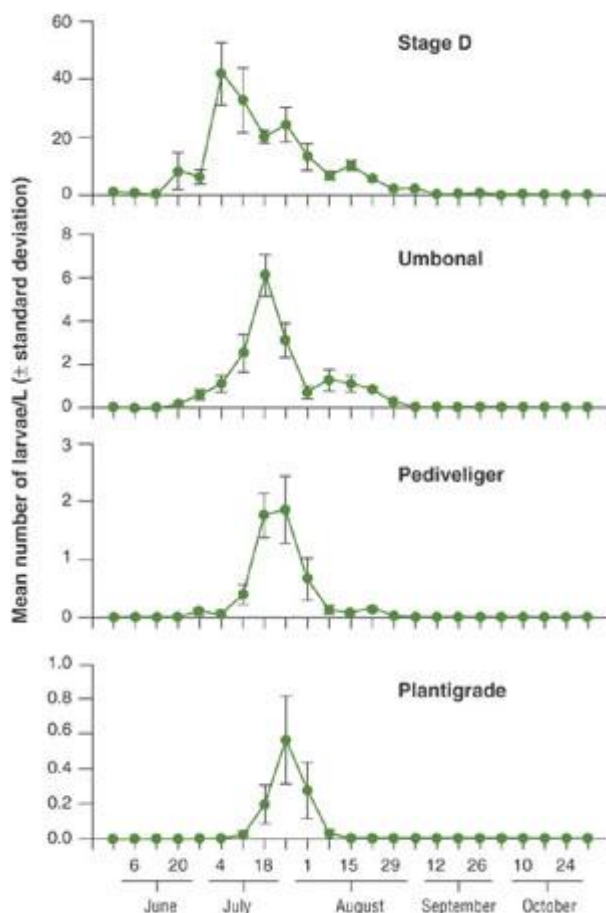
De "voksne" vandremuslinger sidder ofte i klumper, hvilket skyldes at ynglen ofte slår sig ned på/sammen med store "voksne" vandremuslinger. I nogle tilfælde kan de optræde med så stor tæthed, at de danner egentlige muslingerev. De største tætheder findes oftest i de øverste meter af bredzonen, fra 2-6 meters dybde, men de kan også forekomme i store mængder på både større og lavere dybde, figur 3. Udbredelsen på større dybder er blandt andet styret af iltforholdene i søen, mens forekomsten på lavt vand kan blive styret af blandt andet isforhold og vandstand.

De voksne individer ædes af fisk, blandt andet aborre (*Perca fluviatilis*), karpe (*Cyprinus carpio*), Tucker et al. 1995. Blandt fuglene er den meget almindelige

blishøne (*Fulica atra*), samt troldand (*Aythya fuligula*) og hvinand (*Bucephala clangula*) kendt for at æde vandremuslinger. Edderfuglen (*Somateria mollissima*) som normalt hører til i marine kystnære områder hvor den primært lever af blåmuslinger, er også observeret i Fårup Sø hvor den angiveligt fouragerede på vandremuslinger, Grøn, upublicerede obs. I øvrigt ædes vandremuslingen af en lang række andre dyr, blandt andet flod-krebs (*Astacus astacus*) og bisamrotte/moskusrotte (*Ondatra zibethicus*). Det er rapporteret, at de voksne vandremuslinger ædes af følgende fisk i de amerikanske vandsystemer:

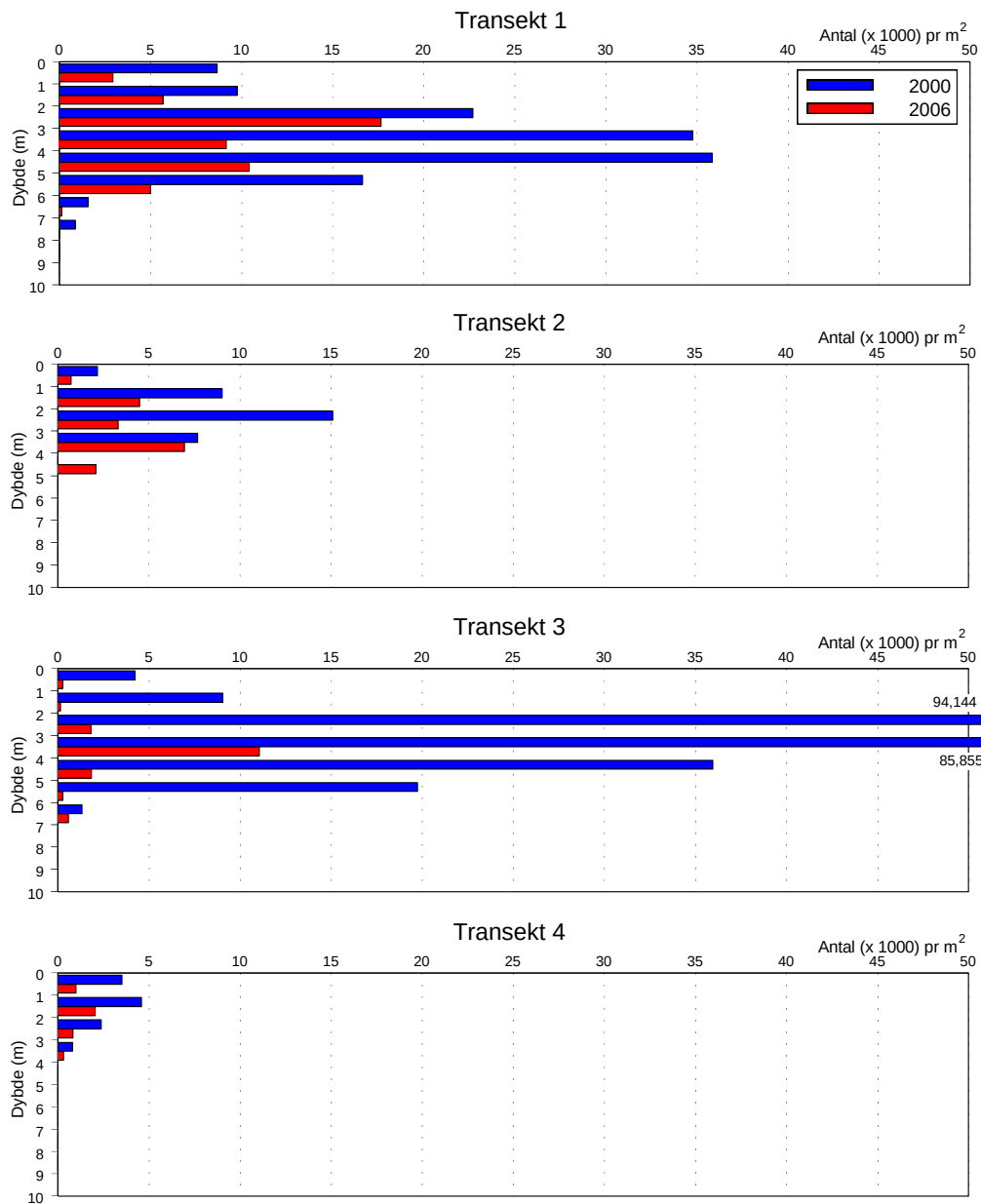
- Freshwater drum (*Aplodinotus grunniens*). Der findes ingen lignende fisk i danske søer/vandløb.
- Lake Sturgeon (*Acipenser fulvescens*). En amerikansk stør-art. Støren er uddød i Danmark men udsættes i Østersøen.
- Catfish, en fællesbetegnelse for maller.

Da spredningen af vandremuslingen foregår meget effektivt, mens den er i de planktoniske stadier, er det af stor betydning af få fastlagt gydesæsonen i Danmark, så eventuelle afværgeforanstaltninger til begrænsning af spredningen af larver i og mellem vandsystemer kan igangsættes på de rigtige tidspunkter på året.



Figur 2.

Forekomsten af vandremuslinge-veligerlarver (indiv./l) fordelt på de fire larvestadier i en fransk flod. Bemærk de forskellige y-akser, der illustrerer den store dødelighed fra første til sidste larvestadium. Fra: http://www.qc.ec.gc.ca/csl/pub/pub004_e.html



Figur 3.
Dybdeudbredelsen af vandremuslingen i Fårup Sø 1999 og 2006, Vejle amt 2006.

3.4 Populationsdynamik/invasioner

Udviklingen i forekomsten af invasive arter følger almindeligvis et karakteristisk mønster. Invasionen begynder ofte med en lokal introduktion, som medfører opbygning af en stor lokal bestand. Herefter kan arten spredes til andre lokaliteter. I begyndelsen kan der registreres meget store tætheder, primært fordi den biologiske kontrol fra rovdyr, konkurrence fra andre arter samt para-

sitter/sygdomme ikke er til stede eller endnu ikke er blevet etableret. Efterfølgende, over en periode, som kan vare mange år, kan den oprindeligt invasive art "naturaliseres"/assimileres i økosystemet på den nye lokalitet. Dette medfører, at den ikke mere forekommer i så store tætheder som i den invasive fase. Årsagen til dette er at de oprindelige arter nu har tilpasset sig og nu bedre kan konkurrere med den invasive art om de tilgængelige ressourcer og for rovdirens vedkommende har udviklet nye fødesøgningsstrategier som omfatter den nye art. Desuden er det sandsynligt at den invasive arts naturlige fjender fra dens oprindelsesområde er dukket op på den nye lokalitet.

Vandremuslingens populationsdynamik på en given lokalitet er afhængig af larvenedslag og efterfølgende vækst/dødelighed. Indenfor et givent system kan der registreres stor lokal variation i vandremuslingens populationsdynamik, se figur 3 og tabel 1. På nogen lokaliteter kan populationen være tæt og ret stabil, mens den på andre lokaliteter kan meget tæt i nogle år efterfulgt af år med meget lave tætheder. Endelig kan den være helt fraværende på andre lokaliteter indenfor samme vandsystem, se tabel 1, http://www.qc.ec.gc.ca/csl/pub/pub004_e.html.

Tabel 1.

Tætheder af vandremuslinger (antal per m²) på klipper og kajanlæg på forskellige lokaliteter i St. Lawrence River, Canada i årene 1991, 1992, 1996 og 1998, http://www.qc.ec.gc.ca/csl/pub/pub004_e.html.

Station	1991	1992	1996	1998
Cornwall	0		841	
South Lancaster		41	110	
Beauharnois	9	22	1 131	
Pointe à Péladeau	0	805		
Boucherville	1		21	
Tracy	6		173	
Île Lapierre	1		4	
Île aux Sternes	0		3	
Bécancour harbour	18	1 631	10 035	
Portneuf	0		14	34
Bassin Louise (Quebec City)		20 620	2 486	9 512
Lévis dock	6		224	157
Île d'Orléans		287	454	1 091

I forbindelse med invasionen af de store amerikanske søer blev de maksimale tætheder på mere end 100.000 vandremuslinger pr m² registreret efter 5 år.

Tilsvarende maksimale tætheder var en faktor 10 lavere i St. Lawrence flodsystemet, Canada. Den vigtigste årsag til de lavere maksimale tætheder i flodsystemet i forhold til søsystemet antages at være den lavere opholdstid af vandet i flodsystemet, hvilket medfører at muslingelarverne til en vis grad bliver "skyllet" ud af systemet inden de kan slå sig ned, http://www.qc.ec.gc.ca/csl/pub/pub004_e.html.

Vandremuslingen i Danmark

Vandremuslingen stammer fra området ved det Kaspiske Hav og Sortehavet. I første halvdel af det 18. århundrede bredte den sig i Mellemeuropa. Det menes at den er indvandret til Danmark omkring 1840. Den blev første gang registreret i Københavns-området, Mandahl-Barth 1949. Efterfølgende spredte den sig til flere ferskvandssystemer på den østlige del af Sjælland blandt andet til Furesøen og Esrum Sø. Desuden findes den nu også i Tissø på Vest-Sjælland. I Jylland har den hidtil været kendt fra Jelssøerne, hvor den dukkede op omkring 1950. Senere, i 1993/1994 blev den også registreret i Fårup Sø ved Vejle, Vejle amt 2006. Den er registreret i Hammersø på Bornholm siden 1995, Søndergård et al 2006. I Gudenå-systemet blev den første gang registreret i Knud sø i 2006. I 2006 blev der registreret voksne individer med en længde på 1-2 cm, hvilket betyder at den blev introduceret til Knud Sø i 2005 eller tidligere, Grøn, upubliceret obs. Efterfølgende er vandremuslingen blevet registreret både opstrøms og nedstrøms Knud Sø.

Spredningshistorien for Danmark viser, at vandremuslingen spredes hurtigt indenfor vandsystemer men langsomt mellem vandsystemer. Lignende spredningshistorier er beskrevet for vandremuslingen i Nordamerika og i og mellem en række Europæiske lande. Det ser ud til at spredningen mellem vandsystemer altid skyldes eller er "hjulpel på vej" af menneskelig aktivitet. Spredning ved hjælp af andre naturlige "vektorer" f.eks. dyr og fugle ser således ud til ikke at være effektiv.

Før sidste isstid var vandremuslingen almindeligt udbredt i Nord-Europa, hvor den levede sammen med andre muslingearter. Dette viser at det er muligt for vandremuslingen at leve sammen med andre ferskvandsmuslinger uden at disse bliver udryddet, i det mindste i nogle ferskvandssystemer.

I forbindelse med invasionen i Furesøen rapporterede Wesenberg-Lund, at der blev registreret specielt store tætheder i de første år efter arten blev observeret første gang. Efterfølgende faldt tætheden til et lavere niveau, som kan udvise relativt store variationer mellem årene, se referencer i Larsen, 2004.

I forbindelse med invasionen i danske søer er der registreret markante stigninger af sigtdybden i blandt andet Fårup Sø, hvilket tilskrives vandremuslingens græsning på fytoplanktonet, Vejle Amt 2006. Før invasionen af vandremuslinger var fytoplanktonet hovedsageligt reguleret af tilgængeligheden af næringsstoffer. Efter invasionen med vandremuslinger reguleres fytoplanktonmængden nu i højere grad af vandremuslingernes græsning. Der kan således ske et markant skift fra bottom-up kontrol til top down-kontrol ved introduktionen af vandremuslingen.

I forbindelse med invasionen i danske søer er der registreret markant tilbagegang i bestanden af maler- og dammuslinger. De negative påvirkninger skyl-

des at store bestande af vandremuslingerne kan reducere mængden af tilgængelig føde for de andre muslingearter. Desuden kan vandremuslingen fasthæfte sig på maler- og dammuslinger figur 4, eller/og optræde i så store tætheder at maler- og dammuslingerne, i større eller mindre grad ikke kan bevæge sig rundt i sedimentet, hvilket er nødvendigt for at de kan gennemføre deres vandringer fra lavt vand i sommerperioden til det dybere og varmere vand i vinterperioden, Vejle Amt 2006. Påvækst af vandremuslinger kan også medføre at andre store muslinger ikke kan lukke skallerne i effektivt, hvilket betyder at de er mere sårbare overfor angreb fra rovdyr.



Figur 4.

En malermusling, som muligvis er død på grund af stress fra de fasthæftede vandremuslinger, der dels medfører en hård fødekonekurrence og dels gør malermuslingen så tung, at den ikke kan flytte sig, fra Vejle Amt 2006.

I forbindelse med vandremuslingens invasion af Fårup sø blev der i begyndelsen registreret en forøgelse i dybdegrænsen for vandplanter. Efterfølgende blev dybdegrænsen og dækningsgraden reduceret. Det er ikke helt afgjort hvorfor, men det er meget sandsynligt at en forøgelse i bestanden af blishøns, som blandt andet er baseret på vandremuslingen som fødegrundlag, har betydet en forøgelse i græsningen på undervandsplanter som udgør blishønsenes foretrukne føde. En anden mulig årsag til den reducerede dybdegrænse og tæthedsgrad af undervegetationen kan være at vegetationen udskygges/nedtrykkes af påslag af muslingeyngel, Vejle Amt 2006.

Der er rapporteret om problemer med vandremuslingen helt tilbage til 1909 hvor den blokerede for kølevandsindtaget på Østre Elektricitetsværk i Køben-

havn. Der blev fjernet 3 millioner muslinger fra kondensatoren, Otterstrøm 1916 refereret til i Jensen 2004. Vandremuslingens forekomst i Tissø betyder, at de lokale myndigheder hyppigt må rense ledningsnettet for at undgå tilstopning, Kalundborg Kommune, pers. komm.

Vandremuslingen i Nordamerika

Vandremuslingen blev første gang registreret i de store amerikanske søer i 1988. Det menes, at den blev introduceret til området via ballastvand fra oceangående skibe. Det er også muligt, at den er blevet introduceret via skibsankre og kæder/tovværk. Efterfølgende blev den spredt til de fleste andre store vandsystemer i det østlige USA, blandt andet Mississippi-floden, hvor den nu forekommer i store bestande.

I 1995 blev den registreret i 20 ud af USA's 38 stater, alle øst for Rocky Mountains og det forventes/frygtes at vandremuslingen vil sprede sig yderligere mod vest i de kommende år, Marshall & Blalock-Herod 2006. Det har den også gjort da den i 2007-2008 er registreret også i Californien, se http://cisr.ucr.edu/quagga_zebra_mussels.html.

Det forventes, at spredningen primært vil ske i forbindelse med transport af både mellem vandsystemerne. Det antages, at spredningen kan forsinkes/undgås hvis ejerne af både rengør og/eller tørrer deres både og andet udstyr, så der ikke transporteres levende vandremuslinger med bådene. Biologisk kontrol, baseret på allerede eksisterende populationer af rovdyr som fisk, fugle og pattedyrs græsning af vandremuslinger, ser ikke ud til at kunne stoppe invasionen. Der er p.t. ikke tegn på, at lokale parasitter eller sygdomsfremkaldende mikroorganismer kan kontrollere invasionen.

I forbindelse med spredningen/invasionen blev der registreret en markant reduktion i forekomsten af oprindelige arter af ferskvandsmuslinger. Tilbagegangen for de oprindelige muslinger skyldes sandsynligvis primært, at de blev fødebegrænsede, fordi vandremuslingen invaderede de samme områder som de oprindelige muslinger og græsser planteplanktonet ned. Vandremuslingen kan sætte sig fast på skallerne af de oprindelige muslinger, hvor de filtrerer vandet for føde "for næsen af de oprindelige muslinger", så der ikke er tilstrækkeligt med føde til sidstnævnte. Ud over de negative effekter på økosystemerne betød invasionen også store praktiske og økonomiske problemer, ikke mindst for kraftværker, som fik blokeret deres kølevandsindtag og som siden har brugt store summer på at holde begroingen med vandremuslinger nede. U. S. Coast Card har beregnet at det de økonomiske tab inkl. de iværksatte kontrolforanstaltninger koster ca. 5 milliarder US\$ per år.

3.5 Fødebiologi

Vandremuslingen føde består af plankton (planktonalger, mindre zooplankton, bakterier og detritus) som filtreres ud af vandet ved anvendelse af muslingens gæller. Fødepartiklerne transporteres fra gællerne til muslingens mund, hvor det anvendelige materiale fortæres. Vandet passerer ind i vandremuslingen via indstrømningsåbningen til gællerne. Det filtrerede vand forlader muslingen via den udstrømningsåbningen. Vandremuslingen kan filtrere partikler ned til 0,7 µm. Partikler større end 4 µm tilbageholdes af vandremuslingen med 100% effektivitet, Kryger & Riisgård 1988. Det er dog rapporteret, at hovedparten af

dens føde består af partikler som er fra 15 til 40 µm. Det bør nævnes, at det er blevet observeret at vandremuslingen kan æde sin egen yngel, Snyder et al. 1997. Det betyder, at en bestand af vandremuslinger kan være med til at holde især mængden af de første, mindste stadier af de fritsvømmende muslingelarver nede.

Uanvendeligt materiale, som fanges på gællerne, sorteres fra og afgives i form af "pseudo-fækalier".

Mængden af vand, som vandremuslingen kan filtrere (filtrationsraten), er afhængig af muslingens størrelse, temperaturen og fødemængden og kan variere mellem 10 og 500 ml/individ/time, Claudi & Mackie 1993, Kryger & Riisgård 1988. Kryger & Riisgård 1988, angiver følgende sammenhæng mellem vandremuslingens tørvægt og filtrationsraten:

$$F \text{ (ml/time)} = 6,82 * DW \text{ (tørvægt i g)}^{0,88}$$

Tørvægten (DW i g) kan ifølge Kryger & Riisgård 1988, beregnes ud fra skal-længden (SL i mm) efter følgende formel:

$$DW \text{ (g)} = 1,54 * 10^{-5} * SL \text{ (mm)}^{2,42}$$

Ved beregning af vandremuslingens filtrationspotentiale i Fårup Sø er følgende værdier anvendt på baggrund af Kryger & Riisgård 1988:

L (mm)	Filtrationsrate (l/time)	Filtrationsrate (l/døgn)
10	0,05	1,2
20	0,22	5,3
30	0,5	12,0

se, Vejle Amt 2006.

3.6 Generelle økologiske forhold

Vandremuslingen indgår i søer og vandløbs økosystemer/fødenet som græsser på planktonet. De voksne vandremuslinger kan ædes af en række fisk, fugle krebs og pattedyr, f.eks. bisamrotter, mens muslingelarverne, som nævnt tidligere, kan ædes af fisk og fiskelarver, muslinger og zooplankton.

I situationer, hvor der opbygges store bestande af vandremuslinger vil de æde store mængder plankton som medfører at der transporteres organisk stof og næringsstoffer fra de frie vandmasser til bundsamfundet. Det vil medføre at stofomsætningen i bundsamfundet forøges, mens stofomsætningen i de frie vandmasser reduceres. Den reducerede produktion i de frie vandmasser kan føre til reducerede bestande af zooplankton og pelagiske fisk, mens bestanden af bundlevende fisk kan stige, Strayer et al. 2004. Ændringer i mængden af fisk kan i den sidste ende påvirke bestanden af fiskeædende fugle og muligheden for rekreationelt (lystfiskeri) og kommercielt fiskeri.

Vandremuslingens påvirkning af økosystemerne er afhængig af tætheden af bestandene. Der vil være meget små/ingen effekter i forbindelse med lave tætheder. Ved stigende tætheder af vandremuslingen vil der kunne registreres tilsvarende forøgede positive og negative effekter.

Den kritiske tæthed, defineret som den tæthed, der skal til for at en given effekt kan registreres, er afhængig af, hvilket vandsystem der er tale om, og hvilken effekt der er tale om.

Den tæthed, der skal til for at medføre en negativ effekt på overlevelsen af f.eks. dammuslingen, behøver således ikke nødvendigvis at have nogen målbar effekt på vandet klarhed.

Den maksimale tæthed vandremuslingen kan opnå på en given lokalitet er blandt andet afhængig af produktionen/tilgængeligheden af føde på lokaliteten. En forøgelse af produktionen, som følge af tilførsel af uorganiske næringsstoffer som kvælstof og fosfor, vil således medføre en forøget risiko for at vandremuslingen kan opbygge bestande som overskrider kritiske tætheder og som derfor får markante negative/positive effekter på økosystemet.

Der foreligger en række observationer af, at introduktionen af store bestande af vandremuslinger i søer kan græsse så store mængder plankton at mængden af plankton reduceres markant. I Fårup Sø blev sigtdybden således forøget fra 1,5 m til 3.0 m i forbindelse med vandremuslingens invasion, Vejle Amt 2006. Dette betyder at lyset kan trænge længere ned i vandet, hvilket kan medføre at dybdegrænsen for makrofyter og bundlevende mikroalger forøges.

Opbygningen af store bestande af vandremuslinger kan endvidere betyde markante ændringer i bundforholdene på en given lokalitet. Ændringen vil medføre en reduktion i udbredelsen af den oprindelige habitattype, med mulige negative effekter på den oprindelige flora og fauna som resultat, mens ændringen vil favorisere arter, der kan udnytte de fysiske strukturer som opstår på "muslingebanker" og den forøgede tilgængelighed af føde i form af organisk stof som akkumuleres på grund af vandremuslingernes produktion af fækalier og pseudo-fækalier.

Akkumuleringen af organisk stof på muslingebanker kan forøge denitrifikationen. Dette skyldes at denitrifikationen er afhængig af tilstedeværelsen af "dårlige iltforhold" samt rigelig tilgængelighed af organisk stof og nitrat. På muslingebanken vil der lokalt forekomme dårlige iltforhold på grund af omsætning af det organiske stof som udskilles af muslinger i form af fækalier og pseudo-fækalier. I forbindelse med omsætningen af det organiske stof på muslingebanken produceres ammonium som efterfølgende kan omdannes til nitrat, Bruesewitz et al. 2008.

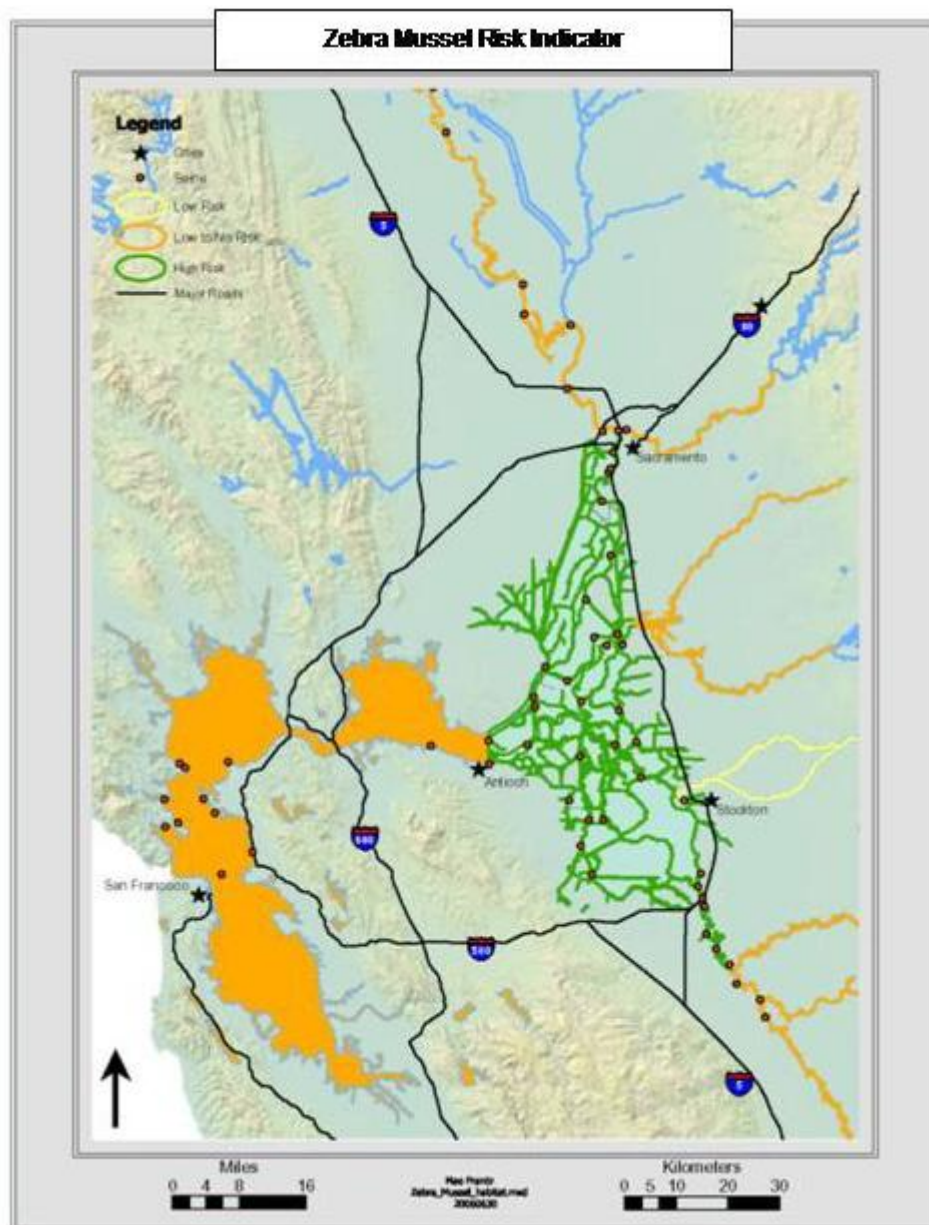
Det er vigtigt at identificere de effekter man ønsker at overvåge i Gudenåsystemet i forbindelse med vandremuslingens invasion af søer og vandløbsstrækninger. Nogle effekter er oplagte fordi de umiddelbart giver mening og kan håndteres ved hjælp af allerede eksisterende metoder, så som:

- mængden af planktonalger eventuelt som klorofyl a
- vandet klarhed
- planktonets artssammensætning
- dybdeudbredelsen af vandplanter
- smådyrsamfund

Mens andre effekter f.eks. effekten på udvalgte arter som grøn kølleguldsmed og gydesucces hos laksefisk samt effekter på bestandene af fisk og fugle vil kræve omfattende specialundersøgelser.

3.7 Miljøparametre som kan være begrænsende for udbredelsen/forekomsten af vandremuslingen

Udbredelsen af vandremuslingen er afhængig af overordnede forhold som blandt andet temperatur, saltholdighed og vandets indhold af kalcium, idet sidstnævnte bruges ved dannelse af vandremuslingens skaller. Informationer om disse fordelende miljøparametre kan anvendes ved vurdering af risikoen for at et givent vandområde kan invaderes af vandremuslinger, se tabel 2. På længeres sigt kan denne type af information, sammenholdt med informationer om miljøforholdene i specifikke vandområder anvendes som udgangspunkt ved udarbejdelse af risikovurderinger i forhold til invasion og etablering af vandremuslinger eventuelt ved anvendelse af habitat-modellering. I figur 5 ses et eksempel på en sådan "risk-mapping" udført i forbindelse med et risikovurderingsprojekt fra Californien, Marshall & Blaloch-Herod 2006.



Figur 5.

Et eksempel på habitat modellering/"risk mapping" udført i forbindelse med et risiko-vurderingprojekt fra Californien, Marshall & Blalock-Herod 2006. **Signaturforklaring - GUL: lav risiko for invasion, ORANGE: lav/ingen risiko for invasion, GRØN: Høj risiko for invasion.**

Tabel 2.

Sandsynligheden for at vandremuslingen kan etablere sig efter en introduktion i et vandområde er afhængig af en række miljøvariabler. Fra forskellige kilder f.eks. http://www.qc.ec.gc.ca/csl/pub/pub004_e.html

Miljøvariabel	Sandsynlighed for succesfuld etablering af vandremusling efter introduktion			
	Høj	Moderat	Lav	Meget lav
Salinitet (‰)	0 - 1	1 - 4	4 - 10	>10
Koncentrationen af kalciumcarbonat (mg CaCO ₃ /l)	90 - >125	45 - 90	25 - 45	< 25
pH	7,5 - 8,7	7,2 - 7,5 8,7 - 9,0	6,5 - 7,2 >9,0	< 6,5 >9,0
Konduktivitet (μ Siemens)	83 - >110	37 - 82	22 - 36	< 22
Vandtemperatur (°C)	18 - 25	16 - 18 25 - 28	9 - 15 28 - 30	< 8 >30
Sigtdybde (cm)	40 - 200	20 - 40	10 - 20 200 - 250	< 10 >250
Ilt (mg/l)	8 - 10	6 - 8	4 - 6	< 4
Strømhastighed ¹ (m/s)	0,1 - 1,0	0,09 - 0,1 1,0 - 1,25	0,075 - 0,09 1,25 - 1,5	< 0,075 >1,5
Dybde (m)	0 - 10	11-50	50-100	>100
Tørlægning - voksen (dage)	0	-	-	>4

1) Larvenedslag

Salinitet

Vandremuslingen er en ferskvandsmusling, men den er også registreret i brakvandsområder med saliniteter fra 0.2 til 12.0 ‰, MacNeill 1990. Risikoen for en invasion af et brakvandsområde er høj ved saliniteter fra 0 til 1 ‰ og moderat ved saliniteter på 1 til 4 ‰.

Ved højere saliniteter bliver muslingens omkostninger til osmoregulering så høj at den trives dårligt og ikke kan reproducere. Den vil således være mest udbredt i brakvandsområder som ligger nedstrøms floder/søer med store bestande af vandremuslinger. Der er en tendens til at vandremuslingens tolerance overfor saltvand er størst i områder, hvor den har forekommet i lang tid. I dele af Østersøen bliver den registreret i saltvand med saliniteter op til 6 ‰, Jarvekulg 1979. Det kan således forventes at vandremuslingen kan invadere den brakke del af Randers Fjord.

Larvestadierne er mindre tolerante overfor saltvand end de voksne. Store forekomster af veligerlarver kan forekomme ved saliniteter på 0.3 til 0.7 ‰, Wictor 1969.

Kalcium

Vandremuslingen har behov for kalk i form af kalciumkarbonat (CaCO₃) til dannelse af skallerne. Ved koncentrationer > 90 mg/l er forholdene optimale. Ved lavere koncentrationer forringes livsbetingelserne for vandremuslingen og ved koncentrationer < 25 mg/l er der meget lille sandsynlighed for at den kan eksistere.

pH

Vandremuslingen kan forekomme i vandområder, som hverken er for sure eller for alkaliske. Ved pH indenfor intervallet 7.5 - 8.7 er forholdene gode for vandremuslingen. Vandremuslingens potentiale for vækst er derimod lavt ved $\text{pH} > 9.0$ og < 7.2 . Ved pH lavere end 6.5 dør voksne vandremuslinger, McCauley & Kott 1993, for muslingelarvernes vedkommende er den tilsvarende tærskelværdi 6.9, Mackie & Kigour 1993.

I forbindelse med et studie af 76 Europæiske søer blev vandremuslingen ikke fundet i søer med $\text{pH} < 7.3$, Ramcharan et al. 1992.

Vanddybde

De højeste tætheder af vandremuslinger registreres ofte i dybdeintervallet fra 2-7 meter. Der bliver dog også registreret meget høje tætheder på lavere dybder. Ved lave vanddybder (0-0,5 m) vil både udtørring og islag kunne begrænse forekomsten af vandremuslinger. Der er rapporteret om høje tætheder ned til mere end 50 meters dybde. Dybden kan således ikke alene ses som en begrænsende faktor. Fordelingen af de største tætheder afspejler fødetilgængeligheden, substratforhold og iltforhold.

Udtørring: Den voksne vandremusling kan sandsynligvis overleve over vandet i op til 5 dage.

Larver som lige har slået sig ned kan derimod sandsynligvis kun overleve få timer, før de tørrer ud og dør.

Isdække: På lavt vand kan is ødelægge bestanden af vandremuslinger enten ved at muslingerne knuses eller rives løs af isen eller ved at der kan opstrå lavt iltindhold under isen så muslingerne kvæles.

Vandtemperatur

Vandremuslingen vokser og formerer sig bedst ved vandtemperaturer fra 12 til 26°C, Claudi & Mackie 1993. Det er rapporteret at væksten stopper ved temperaturer lavere end 8°C og ved temperaturer højere end 30 °C, men at den kan overleve temperaturer ned til 0°C. Gydningen sker ved vandtemperaturer på minimum 12°C. Det medfører at populationer af vandremuslinger som lever i bundvandet af dybe søer ofte ikke kan reproducere, men er afhængig af larvenedslag som stammer fra populationer som lever i det varmere overfladevand, Claxton & Mackie 1998.

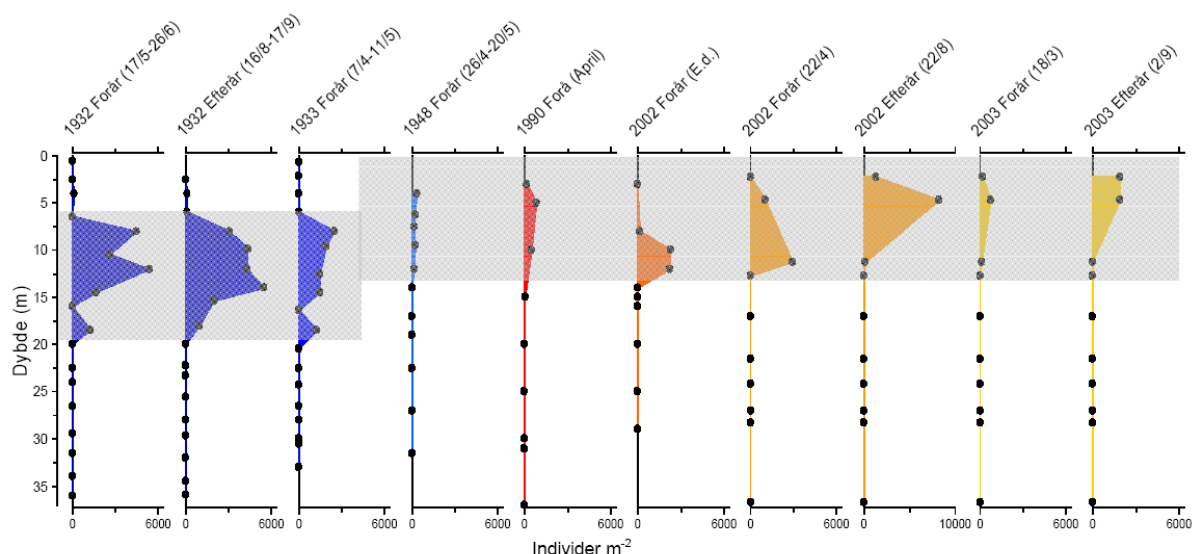
Vandremuslingen er ikke frysetolerant og vil dø hvis den fryses ned. Ligeledes kan den ikke overleve vandtemperaturer højere end 31-32 °C, McMahon et al. 1993.

Ilt

Vandremuslinger kræver relative gode iltforhold. Ved iltkoncentrationer som er lavere 40-50 % mætning kan vandremuslingen ikke blive effektivt etableret, McMahon 1995. Den kan dog kortvarigt overleve ved iltkoncentrationer ned til 1,0 -1,7 mg l⁻¹ ved vandtemperaturer på 17-18 °C, Yu & Culver 1999.

Iltforholdenes betydning giver sig blandt udtryk ved vandremuslingens dybdefordeling i søer med iltfattigt bundvand.

I Furesøen, Esrum Sø samt Fårup Sø følger vandremuslingens dybdeudbredelse umiddelbart iltf forholdene i bundvandet, figur 6, Larsen 2004 og Vejle Amt 2006.



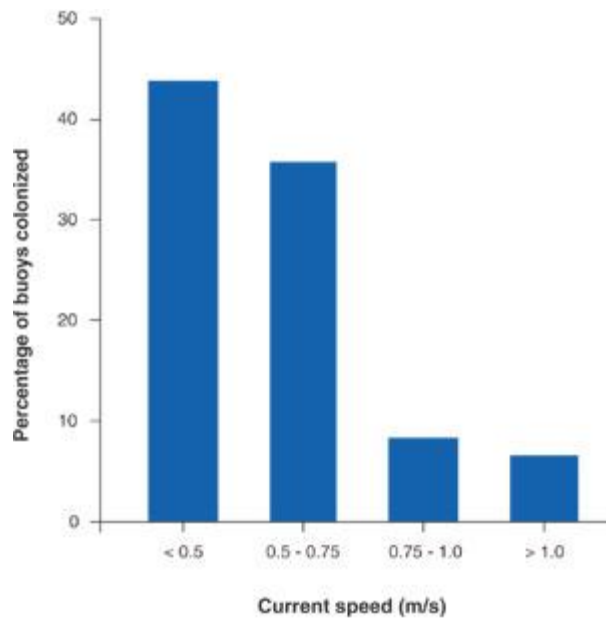
Figur 6.

Vertikal fordelingen af *Dreissena polymorpha* i Furesøen i perioden 1932-2003. Prøvetagningsdybderne er markeret med sorte prikker. Hovedudbredelsen er angivet med grå skygning. Bemærk at intervallet på x-aksen for 2002-efterår er anderledes end for de øvrige undersøgelser, fra Larsen 2004.

Strømhastighed

Den voksne musling kan trives ved meget varierende strømforhold. Gode strømforhold betyder blandt andet at der hele tiden tilføres friskt vand med ny føde. Ved lave strømhastigheder kan muslingerne blive fødebegrænsede fordi tilførslen af nyt vand med føde sker så langsomt at muslingerne kan "tømme" vandet nær bunden omkring sig for føde.

Larvenedslaget reduceres ved høje strømhastigheder. Det er registreret at nedslag af larver ophører ved strømhastigheder over 1.5 m pr sekund, figur 7, Claudi & Mackie 1993.



Figur 7.

Kolonisering/larvenedslag af vandremuslinger ved forskellige strømhastigheder, http://www.qc.ec.gc.ca/csl/pub/pub004_e.html

Tolerance overfor miljøfremmede stoffer

Vandremuslingen er relativt tolerant overfor forurening og den kan akkumulere høje koncentrationer af miljøfremmede stoffer, f.eks TBT som kan blive transporteret til de højere trofiske niveauer inkl. fisk, fugle og pattedyr, de Kock and Bowmer 1993. Der foreligger en meget omfangsrig litteratur på dette område, se f.eks. Nalepa & Schloesser 1993.

Spredningshistorien for Danmark viser at vandremuslingen spredtes hurtigt nedstrøms indenfor vandsystemer, men langsomt mellem vandsystemer. Lignende spredningshistorier er beskrevet for vandremuslingen i Nordamerika og i en række Europæiske lande.

Det ser ud til at spredningen opstrøms og mellem vandsystemer altid skyldes eller er hjulpet på vej af menneskelig aktivitet. Spredning opstrøms og mellem vandsystemer ved hjælp af andre naturlige "vektorer" f.eks. dyr og fugle ser således ud til ikke at være effektiv.

Vandremuslingen kan spredes ved menneskelig aktivitet, fordi de transporteres rundt, blandt andet som fastsiddende "voksne individer" på bunden af både som flyttes mellem forskellige vandløb og søer. Desuden kan den transporteres rundt ved at sidde på tovværk, sten eller pæle.

Larvestadierne kan spredes rundt med "agnfisk", vand i bunden af både og transport af badeudstyr mellem nærliggende lokaliteter. I blandt andet Silkeborg området, hvor vandremuslingen nu findes i søerne som gennemstrømmes af Gudenåen, er der stor risiko for at den kan spredes til nabosøer som ligger opstrøms, men indenfor meget kort afstand (få hundrede m), f.eks. Almind Sø, Thorsø og Slåen Sø, som anvendes til rekreative aktiviteter som sejlsport, lystfiskeri og badning/svømning.

5 Vandremuslingens betydning for målopfyldelse i vandløb og søer i Gudenå-systemet

5.1 Vandremuslingen i relation til vandplanens målsætninger for vandløb og søer

Vandløbene og søerne i Gudenå-systemet er omfattet af Vandrammedirektivets generelle krav om god økologisk tilstand.

For vandløbenes vedkommende forventes det, at den økologiske tilstand i den kommende planperiode skal bedømmes på grundlag af kvalitetsparameteren DVFI, og at kravet vil være, at DVFI-værdien skal være mindst 5.

For søernes vedkommende forventes det, at den økologiske tilstand i den kommende planperiode skal bedømmes på grundlag af kvalitetsparameteren klorofyl-a, og at kravet vil være, at koncentrationen skal være mindre end 21-25 µg/l i lavvandede, alkaliske søer, mindre end 8-12 µg/l i lavvandede (og dybe), lavalkaliske søer og mindre end 8-12 µg/l i dybe, alkaliske søer.

I det omfang vandremuslingens tilstedeværelse har indflydelse på DVFI-værdien i vandløb og koncentrationen af klorofyl-a i søer, vil der således være en direkte påvirkning af de økologiske kvalitetsparametre, der i 1. planperiode skal lægges til grund for bedømmelsen af den økologiske tilstand.

For vandløbenes vedkommende giver analysen af vandremuslingens mulige effekter på smådyrsfaunaen ikke anledning til i almindelighed at forvente kritiske reduktioner af DVFI-værdien. Men det kan ikke udelukkes, at der i tilfælde af masseforekomst kan ske så radikale forandringer af habitatkvaliteten for smådyrsfaunaen, at det kan slå igennem på DVFI-værdien. Dog næppe ved at bringe den under den kritiske værdi på 5, men mere sandsynligt ved at reducere de højeste værdier til lavere værdier.

Med til billedet af vandremuslingens betydning for smådyrsfaunaen i vandløbene hører også, at der kan være en positiv effekt på smådyrsfaunaen og dermed også en mulig positiv effekt på DVFI-værdien, især i situationer hvor vandremuslingen ikke forekommer i masseforekomst. Det skyldes, at det udstrømmende vand fra søerne får et lavere indhold af planteplankton, hvorved sø-påvirkningen af smådyrsfaunaen mindskes til fordel for de egentlige vandløbsarter.

For søernes vedkommende giver såvel analysen som de faktiske observationer anledning til at forvente en meget direkte og betydende indflydelse på koncentrationen af klorofyl-a gennem vandremuslingens græsning på planteplanktonet. Hvis vandremuslingen etablerer store bestande i Gudenåens søer, vil der formodentligt kunne opnås en betydelig reduktion af klorofyl-a i adskillige af søerne, der alle har været præget af for høje koncentrationer af klorofyl-a gennem mange år.

Samlet set kan der for søernes vedkommende forventes et markant positivt bidrag fra vandremuslingen til nedbringelse af klorofyl-a, men det er vigtigt at være opmærksom på, at muslingerne – den positive indflydelse til trods – er fremmedelemerter, der fjerner symptomerne uden at fjerne de underliggende årsager (høje næringsstofkoncentrationer). Det betyder, at målopfyldelse som

følge af tilstedeværelse af vandremusling i søerne vil være meget følsom overfor forhold som bestandenes størrelse og artens overlevelse i systemet. Sammenbrud i bestandene eller nedgang i individtætheden kan derfor blive kritiske i henseende til den fremtidige målopfyldelse.

For vandløbens vedkommende må det forventes, at der som resultat af den reducerede udskylning af planteplankton fra søerne vil være et reduceret fødegrundlag for forekomst af store bestande i vandløbene. Risikoen for negative effekter på smådyrsfaunaen og DVFI-værdien kan således vise sig at blive reduceret af vandremuslingen selv når den forekommer med store bestande i søerne.

5.2 Vandremuslingen i relation til Naturplanens målsætninger for vandløb og søer

Dele af vandløbene og søerne i Gudenå-systemet er udpeget som Natura 2000-områder, for hvilke der gælder et krav om god bevaringstilstand for det typespecifikke biologiske indhold, som i Gudenåens tilfælde kun udgør undervandsvegetation.

For vandløbenes vedkommende er der tale om udpegning som Habitatdirektivets type 3260 – Vandløb med vandplanter. Der er endnu ikke formuleret operationelle kriterier for god bevaringstilstand for denne naturtype, men det må forventes, at forhold som stor artsrigdom, stor artsdiversitet, høj dækningsgrad og stor dybdeudbredelse vil være væsentlige krav til god bevaringstilstand for naturtypen.

For vandløbenes vedkommende giver såvel analysen som de faktiske observationer anledning til at forvente en positiv effekt på målopfyldelsen (god bevaringstilstand). Det er især det mere klare vand, der nu strømmer ud af søerne, der har positiv effekt på vandløbenes undervandsvegetation, og der har allerede vist sig tegn på markante stigninger i vegetationens mængde og dybdeudbredelse.

For søernes vedkommende er der primært tale om Habitatdirektivets type 3150 – Næringsrige søer og vandhuller med flydeplanter eller store vandaks. Der er endnu ikke formuleret operationelle kriterier for god bevaringstilstand for denne søtype, men god bevaringstilstand forventes at komme til at bero på tilstedeværelse af en veludviklet og dybtvoksende undervandsvegetation, hvilket bl.a. forudsætter klart vand.

For søernes vedkommende giver såvel analysen som de faktiske observationer anledning til at forvente en meget direkte og betydende indflydelse fra vandremuslingen på bevaringstilstanden gennem indflydelsen på vandets klarhed. Vandremuslingens tilstedeværelse har således allerede lokalt i Gudenå-systemet medført så store forbedringer af vandets klarhed, at der nu flere steder er grundlag for øget dybdeudbredelse af undervandsvegetation, hvilket er en væsentlig del af forudsætningen for god bevaringstilstand.

Det er vanskeligt at forudse de mulige negative effekter af vandremuslingens tilstedeværelse i søerne, men det kan ikke udelukkes, at der i tilfælde af masseforekomst vil kunne ske så store forandringer af substratet, at det vil kunne påvirke vegetationens muligheder for rodfastelse.

Som det er tilfældet for den økologiske tilstand - er det også i henseende til bevaringstilstanden vigtigt at være opmærksom på, at muslingerne - trods den positive indflydelse - er "fremmedelementer", der fjerner symptomerne uden at fjerne de underliggende årsager (høje næringsstofkoncentrationer). Det betyder, at målopfyldelse som følge af tilstedeværelse af vandremusling i søerne vil være meget følsom overfor forhold som bestandenes størrelse og artens overlevelse i systemet. Sammenbrud i bestandene eller nedgang i indvidtætheden kan derfor blive kritiske i henseende til den fremtidige målopfyldelse.

6 Vandremuslingens påvirkning af udvalgte "arter" af dyr og planter i vandløb og søer

Som nævnt tidligere kan vandremuslingen både have negative og positive effekter på de naturligt forekommende dyr og planter i vore søer og vandløb.

I dette afsnit vil der blive fokuseret på udvalgte arter som er af særlig stor interesse, fordi de er fredede, eller fordi de anvendes som indikatorer for vandkvaliteten i forbindelse med beregning af DVFI etc.

6.1 Guldsmede – Grøn Kølleguldsmed (*Ophiogomphus cecilia*)

Grøn kølleguldsmed (*Ophiogomphus cecilia*) er en bilag IV-art, hvilket betyder at den er strengt beskyttet og at vi i Danmark er ansvarlige for at dens levesteder ikke ødelægges eller ændres, så arten påvirkes negativt.

Der foreligger ganske få studier af vandremuslingens effekt på guldsmedearter. Vandremuslingen kan sætte sig fast på guldsmedelarverne, figur 9, hvilket kan nedsætte sandsynligheden for at guldsmedelarverne kan kravle op af vandet for at forvandle sig til voksne guldsmede, simpelt hen fordi deres mobilitet hæmmes af påvæksten af vandremuslinger. Fritlevende guldsmedelarver er mest udsatte for at blive bevoksede med muslinger, mens guldsmedelarver, der som grøn kølleguldsmed som lever nedgravet eller delvist dækket af sand ikke er så udsatte, Fincke et al. 2009.



Foto fra: <http://magickcanoe.com/blog/2006/03/31/taking-a-free-ride/>



Foto fra: <http://michodo.blogspot.com/2005/06/musseled-out.html>

Figur 9.

Guldsmedelarver "begroet" med vandremuslinger.

I forbindelse med store tætheder af vandremuslinger vil der ske en grundlæggende habitatændring som medfører en reduktion i tilgængeligheden af især sandbund, som er det foretrukne substrat for guldsmedelarver som lever nedgravet. Guldsmedelarver er rovdyr som æder andre fritlevende smådyr. Det er derfor sandsynligt at overordnede ændringer i smådyrsamfundene og planktonet, som skyldes vandremuslingens græsning, kan medføre en større grad af fødebegrænsning hos guldsmedelarverne.

For Gudenåens vedkommende er der specielt fokus på den fredede art Grøn Kølleguldsmed (*Ophiogomphus cecilia*)

http://www.skovognatur.dk/DyrOgPlanter/Artsleksikon/Insekter/Groen_Koelle_guldsmed/

Guldsmedehunnen lægger sine æg på faste overflader som sten og vandplanter. De klækkes efter 4-6 uger.

Grøn kølleguldsmeds larver lever nedgravet i vandløbsbunden som skal bestå af sand og grus og der må ikke være ret meget vegetation. Larverne kommer ind i mellem op fra bunden og skjuler sig mellem sten og rødder. Udviklingen af larverne tager 3-4 år. Forvandlingen fra larve til voksen foregår på sten, tørlagte bredder eller på vegetation i vandkanten.

Det kan således ikke udelukkes at grøn kølleguldsmed kan blive negativt påvirket i forbindelse med en invasion af vandremuslinger på dens levesteder i Gudenåen. Det forhold, at den lever nedgravet, mindsker dog risikoen for påvækst af vandremuslinger på selve larven. Ændringer i substratforholdene fra sand-/grus til muslingerev vil sandsynligvis påvirke grøn kølleguldsmed stærkt negativt. Da grøn kølleguldsmed lægger sine æg på fast substrat forventes det ikke at vandremuslingen kan have nogen effekt i form af græsning på æggene.

Det anbefales således at tilstedeværelsen af vandremuslingen følges nøje på de vandløbsstrækninger hvor det vides eller forventes at den grønne guldsmeds larver forekommer. I de tilfælde hvor den grønne kølleguldsmeds levesteder trues af tilgroning med vandremuslinger kan afværgeforanstaltninger iværksættes så bestanden af vandremuslinger reduceres, se herom senere.

6.2 Vandløb – DVFI "arter"

Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI) anvendes ved beskrivelsen af miljøtilstanden i danske vandløb. DVFI indekset forventes i fremtiden at skulle antage en værdi større end eller lig med 5 for at opfylde kravet til god vandløbskvalitet. Indekset beregnes ud fra den kvantitative/kvalitative forekomst af en række udvalgte invertebrater som ikke omfatter vandremuslingen. Jo højere indeksværdi, desto bedre vandkvalitet, Miljø- og Energiministeriet 1998. De arter som bidrager til høje indeksværdier er primært arter som forekommer på hårdt substrat som sten og grus. Det forhold at vandremuslingen netop foretrækker det samme substrat som disse arter, betyder at en markant invasion/etablering af vandremuslingen på en vandløbsstrækning kan reducere mængden af tilgængeligt substrat for DVFI arter med høj indikatorværdi, f.eks. forskellige arter af slørvinger, døgnfluer, vårfluer, biller samt huesneglen. Dette vil kunne medføre en reduktion i DVFI værdien for vandløbsstrækningen.

Til gengæld viser studier fra søer, at tilstedeværelsen af vandremuslinger kan medføre markante stigninger i tætheden af tanglopper som indgår i DVFI beregningen som en positiv diversitetsgruppe og som også er almindelige i vandløb, Miljø- og Energiministeriet 1998.

6.3 Vandløb – andre "arter" som har potentiale som miljøindikator

Ud over at vandremuslingen kan påvirke den del af faunaen, som indgår i beregning af DVFI, bør man være opmærksom på at store tætheder af vandremuslinger i vandløb kan medføre en større ensartethed i det fysiske substrat, hvilket kan medføre en mindsket biodiversitet af arter som er tilknyttet sten i vandløbet. Desuden kan store, langtlivende arter som guldsmedelarver og

flodkrebs, samt forskellige arter af ferskvandsmuslinger blive negativt påvirket i forbindelse med store tætheder af vandremuslinger og eller markante larvenedslag som stammer fra søer/vandløbsstrækninger opstrøms den givne lokalitet.

Fiskefaunaen i vandløb kan muligvis nyde godt af den større tilgængelighed af fødedyr som kan følge med en invasion af vandremuslinger. Det kan omvendt blive et problem, at naturlige såvel som kunstige stryg, som anvendes af laksefisk til gydning, kan gro til i vandremuslinger. Strømhastigheden på stryg overstiger ikke nødvendigvis de 1-1,5 m pr sekund som reducerer larvenedslaget. Især på stryg, hvor der er partier med lavere vandhastigheder, kan det tænkes at tilgroning med vandremuslinger kan blive et problem for de gydende fisk. I tilfælde af at stryg gror til i vandremuslinger kan det blive nødvendigt at vedligeholde stryget ved at fjerne vandremuslingerne eller på anden måde begrænse de negative effekter af deres tilstedeværelse. Tilgroning med vandremuslinger bør også tages med i betragtning i forbindelse med etablering af nye stryg f.eks. i forbindelse med naturgenopretning.

I det omfang miljøkvaliteten på længere sigt skal vurderes på et bredere grundlag end blot DVFI, kan vandremuslingens negative påvirkning af det oprindeligt forekommende dyre- og planteliv få stor betydning for resultatet.

6.4 Søer – effekter på "arter" og miljøindikatorer

Store tætheder af vandremuslinger kan have følgende kendte effekter i naturtypen "næringsrige søer":

- En reduktion i mængden af planteplankton og dermed klorofyl-a koncentrationer i de frie vandmasser
- Forøgelse af sigtddybden
- Større dybdeudbredelse af vandplanter
- Reduktion i mængden af andre naturligt forekommende ferskvandsmuslinger
- Reduktion i mængden af vandplanter som en sekundær effekt forårsaget af græsning fra store bestande af blichønens som er baseret på vandremuslingen som føde
- Akkumulering/ophobning af organisk stof fækalier og pseudo-fækalier lokalt på muslingebanker
- Høj respiration på muslingebanker
- Slamdannelse på bund med faste substrater

Det er veldokumenteret at forekomsten af store tætheder af vandremuslinger kan reducere mængden af planteplankton i søer med større klarhed/sigtddybde som resultat.

Tilstedeværelsen af vandremuslingen i danske søer kan således medføre, at søernes miljøtilstand umiddelbart ser ud til at blive forbedret fordi mængden af planteplankton falder, selv om belastningen med uorganiske næringsstoffer ikke reduceres eller ligefrem stiger.

Det er dog væsentligt at være opmærksom på, at vi ikke har sikkerhed for at bestandene af vandremuslinger er stabile i danske søer. En reduktion af bestandene af vandremuslinger, f.eks. ved iltsvind i forbindelse med en stille og

varm sommerperiode eller en streng vinter med is på søen, eller sygdom/predation kan således medføre at den top-down kontrol vandremuslingen udøver på planteplanktonet, kan blive reduceret markant så søen svinger tilbage til en bottom-up tiltand, hvor mængden af planteplankton styres af tilgængeligheden af næringsstofferne kvælstof og fosfor med risiko for algeopblomstring som resultat. Hertil kommer de problemer, der kan opstå, når store mængder muslinger pludselig dør og forårsager et stort iltforbrug.

Nedgræsningen af planteplanktonet kan også medføre en forarmning af det pelagiske fødenet i søerne, med en reduktion i mængden af det dyreplankton som græsser på planteplankton som resultat. Det kan efterfølgende medføre, at bestandene af planktonædende fisk reduceres, Strayer et al. 2004.

Endeligt kan dette medføre, at bestandene af fiskeædende fugle samt at det rekreative/kommercielle fiskeri reduceres. Reduktionen i mængden af planktonædende fisk kan dog i nogle tilfælde kompenseres ved at der bliver en større produktion af bundlevende fisk, som nyder godt af den store produktion og fødetilgængelighed på muslinge"bankerne", Strayer et al. 2004.

Det er endvidere væsentligt at være opmærksom på, at opbygningen af store tætheder af vandremuslinger i søer kan medføre en større ensartethed i det fysiske substrat, hvilket kan medføre en mindsket biodiversitet i søen.

Store, langt levende arter som guldsmedelarver og flodkrebs samt forskellige arter af ferskvandsmuslinger bliver negativt påvirket i form af begroning i forbindelse med store tætheder af vandremuslinger.

Store tætheder af vandremuslinger kan også medføre at de andre naturligt forekommende ferskvandsmuslinger kan blive forhindret i bevæge sig hvilket blandt andet kan betyde at de ikke kan "vandre" ned på dybere vand i vinterperioden så deres dødelighed forøges. Den reducerede mulighed for at bevæge sig på grund af påvækst af vandremuslinger kan også betyde at dam- og mærlermuslingerne bliver udsat for stress fordi de ikke kan placere sig optimalt i sedimentet. Endelig kan tilgroning af andre ferskvandsmuslinger forhindre at disse kan lukke i, hvorved de bliver mere sårbare overfor angreb fra rovdyr, Parker et al. 1998.

Det er sandsynligt, at de maksimale tætheder vandremuslingen kan opnå i søer, er tæt koblet til søens produktion, som er afhængig af søens belastning med uorganiske næringsstoffer. En forøgelse af søens produktion kan således medføre en forøgelse af tætheden af den ellers fødebegrænsede bestand af vandremuslinger.

Den forøgede klarhed af vandet i søer, som skyldes vandremuslingens græsning på planteplanktonet, kan medføre en større udbredelse af vandplanter, som ellers ville være blevet skygget bort af planteplanktonet. Dette kan medføre en forøgelse af substratheterogeniteten og kan medføre en forøgelse i biodiversiteten i søen.

Tilstedeværelsen af store bestande af vandremuslinger kan medføre kaskade effekter i søer. Dette ses f.eks. i de tilfælde hvor bestanden af vandremuslinger bidrager væsentligt til fødegrundlaget for f.eks. blishøns som også æder

vandplanter og hvor en forøgelse i bestanden af blishøns medføre nedgræsning af vandplanter, Søndergård et al. 2006.

Effekter på planteplanktonet

Tilstedeværelsen af store tætheder af vandremuslinger kan medføre ændringer i mængden og i artssammensætningen af planteplanktonet. Langsomt voksende arter kan blive "græsset" ud mens hurtigt voksende arter vil blive favoriseret af den større tilgængelighed af både lys og næringsstoffer.

I hvor høj grad vandremuslingen får en effekt på den kvantitative og kvalitative forekomst af planteplankton afhænger i høj grad af søernes morfometri. I lavvandede søer med ustabil/manglende lagdeling og et højt overfladevolumenforhold kan vandremuslingens græsning få stor betydning, mens den vil have mindre betydning i dybde lagdelte søer med relativt lille overfladevolumenforhold. Dette er måske årsagen til at der er forskellige meninger/observationer om/af vandremuslingens betydning for opbygningen af opblomstringer af blågrønalger (cyanobakterier), Sarnelle et al. 2005, Fernald et al. 2007.

I nogle tilfælde rapporteres der om stigende problemer med algeopblomstringer i forbindelse med store tætheder af vandremuslinger. I andre tilfælde reduceres risikoen for algeopblomstringer i forbindelse med store tætheder af vandremuslinger. I de tilfælde hvor der registreres en forøget risiko for opblomstringer af blågrønalger ved høje tætheder af vandremuslingerne, kan forklaringen være at søerne er relativt store og dybe hvilket medfører at blågrønalgerne, i vindstille perioder kan udnytte deres evne til at flyde op til vandoverfladen hvor de undgår græsningen fra vandremuslingerne, mens de nyder godt af de regenererede næringsstoffer som vandremuslingerne afgiver ved nedbrydningen af de andre alger som er tilgængelige for dem. I lavvandede søer må det forventes at blågrønalgerne ikke i samme grad kan undslippe græsningen af vandremuslingerne, så selv i vindstille perioder vil opbygningen af opblomstringer blive forhindret af vandremuslingernes græsning.

7 Mulige forvaltningsmæssige effekter af vandremuslingens forekomst i Gudenå-systemet

7.1 Vandløbene

DVFI

Vurderingen af miljøkvaliteten i danske vandløb er i dag baseret på DVFI. Vandremuslingens invasion af Gudenåens vandløbsstrækninger kan muligvis resultere i en reduktion af DVFI-værdien og derigennem påvirke målopfyldelsen.

I det omfang at målopfyldelse kan blive vurderet også ved at inddrage andre "indikatorer" end DVFI, kan tilstedeværelsen af en markant bestand af vandremuslinger få stor betydning fordi den kan forårsage en reduktion af den fysiske substratdiversitet med en reduktion af biodiversiteten til følge.

Bilag IV-arter

Bestanden af bilag IV-arten, Grøn kølle guldsmed (*Ophiogomphus cecilia*) kan blive truet/negativt påvirket ved markant invasion af vandremuslingen i Gudenå-systemet, dels som følge af påvækst og dels som følge af ændringer af guldsmedens foretrukne substrat. Det kan blive nødvendigt at igangsætte en målrettet overvågning af bestanden af grøn kølle guldsmed samt identifikation af nøglebiotoper og vedligeholdelse af biotoper.

Naturtypen "Vandløb med vandplanter"

Det klarere vand i Gudenåens hovedløb har tilsyneladende allerede bevirket en øget mængde af undervandsvegetation, og der er allerede konstateret markante effekter heraf på vandstanden i åen, Christensen & Schlüsen 2008. Regulativet for åen foreskriver tilstedeværelse af en grødefri strømrørende, og så længe bredden af denne er i overensstemmelse med regulativet, er der ikke noget formelt problem, uagtet at lodsejere og beboere omkring åen kan opfatte de forhøjede vandstande som et problem. På lidt længere sigt kræver den ændrede situation i vandløbet formodentlig en revision af regulativet.

Opbygning af muslingerev kan medføre lokale hævnninger af bundkoten og forøget ruhed med reduceret vandføring som resultat. Dette kan medføre større risiko for oversvømmelse. I den forbindelse kan det blive aktuelt at fjerne muslingerev.

Tilgroning af stryg/gydegrus kan betyde reducerede gydemuligheder for laksefisk og formindsket overlevelse yngel. Dette bør tages med i betragtning i forbindelse med etablering/vedligeholdelse af stryg og gydeladser.

7.2 Søerne

Vurdering af miljøkvaliteten i danske søer er i dag baseret primært på krav til mængden af planteplankton, målt som klorofyl. Etablering af vandremuslinger i søer kan/vil medføre en reduktion i mængden af klorofyl som kan føre til målopfyldelse i søer hvor belastningen med næringsstoffer ellers tidligere medførte forhøjede mængder af planteplankton så målopfyldelse ikke var mulig.

I den forbindelse er det vigtigt at være opmærksom på at bestandene af vandremuslinger kan være ustabile. Ved udarbejdelse af vandplaner bør det såle-

des gøres klart om målopfyldelse forudsætter tilstedeværelse af store bestande af vandremuslinger ved en given belastning af søen fosfor og kvælstof. Det bør overvejes om det er rimeligt at målopfyldelse kan ske under forudsætning tilstedeværelse af store bestande af vandremuslingen, som er en invasiv art og som kan have negative på den biologiske mangfoldighed i søer.

Positive effekter:

- Klart vand
- Mindre mængder af planteplankton
- En mulig reduktion i mængden af blågrønalger
- Forøget grødevækst og dybdegrænse for vandplanter og mikroalger
- Forøget denitrifikation
- Flere bundfisk

Negative effekter:

- Habitatændringer så naturligt forekommende dyr og planter ekskluderes (nedsat biodiversitet)
- Beskyttede arter kan påvirkes negativt – f.eks. guldsmed
- Færre pelagiske fisk
- Reduktion i mængden af vandplanter p.g.a. påslag af muslingelarver og græsning fra store bestande af fugle som også æder vandremuslinger
- Færre fiskeædende fugle
- Større risiko for iltsvind.

På trods af at vandremuslingen er en invasiv art i Østersøen er vandremuslingerev beskyttet på lige fod med andre biologiske revtyper

http://www.helcom.fi/environment2/biodiv/endangered/Biotopes/en_GB/reefs/

7.3

Spredning til andre søer/vandløb i Gudenåens opland

Nedstrøms spredning af vandremuslinger indenfor vandsystemer sker effektivt – også uden "hjælp" fra mennesker. Opstrøms spredning eller spredning mellem vandsystemer baseret på biologisk transport med fugle fisk etc. ser ud til at ske meget langsomt, men kan ske meget hurtigt med "hjælp" fra mennesker.

Med mindre der iværksættes en effektiv bekæmpelse og forebyggelse af spredningen af vandremuslingen i Gudenå-systemet, må forventes at den vil spredes til de dele af systemet hvor den endnu ikke findes samt til nabosøer og vandløb. Desuden må det forventes at tætheden af vandremuslinger i fremtiden vil stige på de lokaliteter hvor den allerede er etableret.

En egentlig bekæmpelse af vandremuslingen er vanskelig, men spredning kan forebygges ved at at rense fartøjer og udstyr inden de transporteres fra et ferskvandsområde til et andet eller ved at undlade at flytte både (inkl. kanoer/kajaker/gummibåde/wind-surfere etc.), tovværk og andet grej fra sø til sø. Desuden skal badegæster og lystfiskere være opmærksomme på at de skal tømme og tørre/rengøre udstyr inden det transporteres fra et vandområde til et andet.

8 Mulige praktiske effekter af vandremuslingens forekomst i Gudenå-systemet

Vandremuslingener kendt for at sætte sig som påvækst på alle typer af fast substrat i ferskvandssystemer. Det kan give anledning til en række praktiske problemer da de kan forårsage tilstopning af rør, tilgroning af kølesystemer og stemmeværker etc. Desuden er der eksempler på at afmærkningsbøjer er sunket på grund af påvækst af vandremuslinger. Badegæster kan skære sig på vandremuslingskaller enten på levende muslinger som sidder på sten og bolværk eller på opskyllede skaller fra døde muslinger, tabel 3.

Tabel 3.

Eksempler på praktiske problemer med vandremuslingen

- Sluser - bliver utætte
- Stemmeværker - kan ikke fungere (f.eks. Tangeværket, Vestbirk)
- Vandindtag stopper til (markvanding/akvarier (Aqua))
- Vandudløb stopper til - (f.eks. fra rensningsanlæg)
- Vandtransport reduceres p.g.a. kotehævning/forøget ruhed (f.eks. i Remstrup Å)
- Vandtransport reduceres p.g.a. forøget grødevækst som respons på klart vand
- Begroning af bolværk og befæstede arealer
- Begroning af både og motorer inkl. kølevandssystemer
- Badegæster kan skære sig på skallerne

De fleste muslinger, inkl. vandremuslingen kan spises men det betyder ikke nødvendigvis at de smager godt! Desuden er vandremuslinger små og har et relativt lille kødindhold så der er ikke meget "mad" i dem.

Mange forskellige fisk, fugle og pattedyr kan æde vandremuslingen, så de er sandsynligvis ikke umiddelbart farlige at spise. Da vandremuslingen kan æde giftige blågrønalger bør man dog undgå at spise muslinger fra søer/vandløb hvor der kan være forekomster af giftige blågrønalger. Da forekomsten af giftige blågrønalger er almindelig i Gudenå-systemet i sommerperioden bør man undgå at spise vandremuslinger fra Gudenå-systemet. Vandremuslingen kan også ophobe høje koncentrationer af miljøfremmede stoffer/giftstoffer. Det anbefales derfor at man ikke spiser vandremuslinger fra forurenede søer og vandløb. Sammenfattende vurderes det at det bør anbefales at vandremuslinger fra Gudenå-systemet ikke spises af mennesker indtil der foreligger en dokumentation af dens egnethed som føde for mennesker.

9 Muligheder for kontrol af bestanden af vandremuslinger i Gudenå-systemet

En egentlig fjernelse af vandremuslingen fra Gudenå-systemet er sandsynligvis ikke praktisk mulig.

Kontrol eller fjernelse af lokale bestande af vandremuslinger kan dog blive aktuelt hvis vandremuslingebestanden udgør en trussel mod f.eks. beskyttede arter, f.eks. grøn kølle guldsmed eller beskyttede/vigtige naturtyper f.eks. gydeområder for fisk. Desuden kan kontrol eller fjernelse af vandremuslinger være nødvendigt af praktiske årsager for at forskellige typer af menneskelig udnyttelse af vandsystemer kan forgå.

I USA har kontrol af vandremuslingebestande udviklet sig til en stor industri. Det er vigtigt at se i øjnene at fjernelse af vandremuslinger oftest er en midlertidig løsning som ikke fjerner problemet på længere sigt, men i bedste fald kan holde problemet nede så praktiske problemer mindskes/undgås.

Fjernelsen/reduktionen af bestanden af vandremuslinger skal gentages med mellemrum fordi vandremuslingen vil vende tilbage og etablere nye bestande med mindre den helt kan fjernes fra vandsystemet, noget som i langt de fleste tilfælde ikke kan lade sig gøre i praksis.

Følgende metoder kan anvendes ved kontrol/fjernelse af vandremuslinger:

- Kemiske metoder
- Biologiske metoder
- Behandling med iltfrit vand
- Varmebehandling
- Udtørring
- Bestråling
- Manuel afskrabning
- Højtryks rensning
- Filtrering af indtagvand
- Udskiftning af materialer

En mere detaljeret beskrivelse af metoder og discussion af deres anvendelighed ligger uden for denne opgave, se f.eks.

<http://www.cce.cornell.edu/aquaticinvaders/>

Ifølge Naturbeskyttelsesloven må vandremuslingen ikke bevidst udsættes i Danmark uden godkendelse fra Miljøministeriet, Naturbeskyttelseslovens § 31, stk.1 (lbkg nr. 85/2002).

Danmark er i henhold Konventionen om den biologiske mangfoldighed (Biodiversitetskonventionen) forpligtiget til at "så vidt muligt og alt efter omstændighederne ... forhindre indførsel af, kontrollere eller udrydde arter der truer økosystemer, levesteder". Desuden er Danmark, i henhold til Den Europæiske Konvention om beskyttelse af Europas vilde dyr og planter samt naturlige levesteder (Bern-Konventionen) forpligtiget til at "*føre streng kontrol med indførslen af ikke naturligt hjemmehørende arter*".

Ud over at vandremuslingen "ikke er naturligt forekommende i Danmark" og derfor er omfattet af Naturbeskyttelsesloven, er den også på listen over invasive arter udarbejdet af Miljøministeriet, 2008. Arten hører til den gruppe af arter som "kan bekæmpes lokalt til et acceptabelt niveau, men kan ikke udryddes nationalt".

I handlingsplanen for invasive arter, Miljøstyrelsen 2008, anbefales det blandt andet at "Manglende videnskabelig sikkerhed om de miljømæssige, sociale og økonomiske risici, en potentiel invasiv art kan medføre, bør ikke bruges som begrundelse for ikke at tage forholdsregler imod introduktion af potentielt invasive arter. Ligeledes bør manglende sikkerhed om langtidsvirkninger af en invasiv art ikke umiddelbart bruges som begrundelse for at udsætte bekæmpelse, indeslutning eller kontrol af arten"

Fremtidige tiltag og undersøgelser, der kan sikre en fortsat vidensopbygning til brug for den løbende indsats mod fortsat spredning og imødegåelse af effekterne af tilstedeværelsen af vandremuslingen i Gudenå-systemet

Der bør etableres en rutinemæssig overvågning af udbredelse af vandremuslingen i Gudenå-systemet. Overvågningen skal dokumentere udviklingen i den geografiske udbredelse af vandremuslingen, samt udviklingen i tætheden på udvalgte lokaliteter i både søer og vandløbsstrækninger i Gudenå-systemet. Desuden skal monitoringen dokumentere eventuelle negative og positive effekter på de naturlige biologiske samfund samt på de overordnede økologiske forhold.

For vandløbenes vedkommende kan effekten af vandremuslingens invasion udføres på udvalgte stationer/lokaliteter hvor der allerede foreligger beskrivelser af f.eks. DVFI etc.

For søernes vedkommende bør monitoringen omfatte søer af forskellig størrelse og morfometri samt med forskelle i mængden af planteplankton i form af klorofyl og sigtdybde. Overvågningen bør omfatte bredzonen og udbredelsen i forhold til dybden bør bestemmes på en række udlagte transekter. Desuden vil det være af stor interesse at følge udviklingen i planktonsamfundene, ikke mindst forekomsten af blågrønalgeopblomstringer i forhold til forekomsten af vandremuslingen.

For både søer og vandløbsstrækninger i Gudenå-systemet gælder det at overvågningen bør fokuseres også på de specielt "sårbare"/beskyttede arter så som de forskellige ferskvandsmuslinger og den grøn kølleguldsmed.

Ligeledes bør vandløbsstrækninger og stryg (naturlige/etablerede) som er kendte gydepladser for laksefisk overvåges for invasion af vandremuslinger og deres effekt på fiskenes gydesucces og overlevelse af yngel.

En udarbejdelse af et mere detaljeret forslag til et monitoringsprogram og en egentlig aktionsplan er ikke omfattet af denne opgave.

- Bially, A. & H. J. MacIsaac. 2000. Fouling mussels (*Dreissena* spp.) colonize soft sediments in Lake Erie and facilitate benthic invertebrates. *Freshwater Biology* nr. 43, s. 85-97.
- Bruesewitz, D. A, J. L. Tank & M. J. Bernot 2008. Delineating the effects of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) on N transformation rates using laboratory mesocosms. *Journal of the North American Benthological Society*. Nr. 27(2), s. 236-251.
- Christensen, L. B. & K. Schlönsen 2008. Ny musling skyld i højere vandstande? *Vækst* nr. 4, s. 27-29.
- Claudi, R. & G.L. Mackie. 1993. *Practical Manual for Zebra Mussel Monitoring and Control*. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Claudi, R. & G. L. Mackie. 1994. *Practical Manual for Zebra Mussel Monitoring and Control*. Chapter 1. *Biology of the Zebra Mussel*. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton, FL. 227 sider.
- de Kock, W. Cr. & C.T. Bowmer. 1993. Bioaccumulation, biological effects and food chain transfer of contaminants in the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. In T.F. Nalepa and D.W. Schloesser, eds., *Zebra Mussels: Biology, Impacts and Controls*, s. 531. Boca Raton: Lewis Publishers.
- Fernald, S. H., N. F. Caraco & J. J. Cole 2007. Changes in Cyanobacterial dominance following the invasion of the Zebra mussel *Dreissena polymorpha*: Long-term results from the Hudson River Estuary. *Estuaries & Coasts*, vol 30 (1), s. 163-170.
- Finchke, O. M., D. Santiago, S. Hickner & R. Bienek 2009. Suceptibility of larval dragonflies to zebra mussel colonization and its effect on larval movement and survivorship. *Hydrobiologia*. Vol. 624: 71-79.
- Jarvekulg A. 1979. "The bottom fauna of the eastern part of the Baltic Sea." Tallinn, Valgus: 382 sider.
- Jensen, F. 2004. Vandremuslingen *Dreissena polymorpha*. *Gjerfuglen* nr. 1, 2004 s. 34-37. Østjysk Biologisk Forening.
- Kozlowski, S,C. Page & J. Whetstone 2002. *Zebra Mussels in South Carolina: The Potential Risk of Infestation*. Rapport til : South Carolina Zebra Mussel Task Force South Carolina Department of Natural Resources, South Carolina Sea Grant Consortium.
- Larsen, H. S. 2004. Palaeolimnology of Lake Fure. Speciale rapport fra Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Københavns Universitet.
- Leach, J.H. 1993. Impacts of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. on water quality and fish spawning reefs in western Lake Erie. In T.F. Nalepa and D.W. Schloesser, eds., *Zebra Mussels: Biology, Impacts and Controls*, p. 392. Boca Raton: Lewis Publishers.

- MacIsaac, H. G. 1994. Comparative growth and survival of *Dreissena polymorpha* and *Dreissena bugensis*, exotic mollusks introduced to the Great Lakes. J. Great Lakes Res. 20(4):783-790.
- Marshall, M. J. & H. N. Blalock-Herod 2006. Technical Report: Feasibility of Implementing a Zebra Mussel Monitoring Program within the Sacramento-San Joaquin Rivers and Delta, California. Submitted to: Aquatic Nuisance Species Program, U.S. Fish and Wildlife Service, 4001 N Wilson Way, Stockton, CA 95206.
- Miljøministeriet 2008. Handlingsplan for invasive arter.
- Miljø- og Energiministeriet 1998. Vejledning fra Miljøstyrelsen. Nr. 5 Biologisk bedømmelse af vandløbskvalitet. Miljø- og Energiministeriet Miljøstyrelsen.
- Mills, E. L., G. Rosenberg, A. P. Spidle, M. Ludyanskiy, Y. Pligin & B. May. 1996. A review of the biology and ecology of the quagga mussel (*Dreissena bugensis*), a second species of freshwater Dreissenid introduced to North America. Amer. Zool. 36:271-286.
- Morton, B. 1993. The Anatomy of *Dreissena polymorpha*. and the evolution and success of the heteromyarian from in the Dreissenoidea. I: T.F. Nalepa and D.W. Schloesser, eds., Zebra Mussels: Biology, Impacts and Controls, s. 190-192. Boca Raton: Lewis Publishers.
- New York Sea Grant. 1994. "Policy issues." *Dreissena polymorpha*. information review. Zebra Mussel Clearinghouse Newsletter 5(1):14-15.
- Nichols, S.J. 1993. Spawning of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) and rearing of veligers under laboratory conditions. In T.F. Nalepa and D.W. Schloesser, eds., Zebra Mussels: Biology, Impacts and Controls, pp. 315-319. Boca Raton: Lewis Publishers.
- O'Neill, C. 1997. Economic impact of zebra mussels - Results of the 1995 National Zebra Mussel Information Clearinghouse Study. Great Lakes Research Review 3(1).
- Parker, B.C., M.A. Patterson & R.J. Neves. 1998. Feeding interactions between native freshwater mussels (Bivalvia-Unionidae) and zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) in the Ohio River. American Malacological Bulletin nr. 14:173-179.
- Pillsbury, R. W. & R.L. Lowe. 1994. The impact of zebra mussels on benthic algal communities in Saginaw Bay, Lake Huron, s. 575-591. Proceedings: 4th International Zebra Mussel Conference. Madison, Wisconsin.
- Ramcharan et al. 1992. "Models to predict potential occurrence and density of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*" . Can. Jour. Fish. and Aqua. Sci. nr. 49, s. 2611-2620.

- Sarnelle, O., A. E. Wilson, S. K. Hamilton, L. B. Knoll & D. F. Raikow 2005. Complex interactions between the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, and the harmful phytoplankton, *Microcystis aeruginosa*. *Limnol. & Oceanogr.* 50(3) s. 896-904.
- Sea Grant National Aquatic Nuisance Species website. 2001. www.cce.cornell.edu/aquaticinvaders/
- Setzler-Hamilton, E. M., D. A. Wright & J. A. Magee. 1997. Growth and spawning of laboratory-reared zebra mussels in lower mesohaline salinities pp 141-154 in F. M. D'Itri editor, *Zebra Mussels and Aquatic Nuisance Species*. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton. 638 sider.
- Snyder, F., M.B. Hilgendorf & D.W. Garton. 1994. Zebra mussels in North America: The Invasion and its Implications. The Ohio State University, OHSU-FS-045.
- Snyder, F. L., M. B. Hilgendorf & D. W. Garton. 1997. Zebra Mussels in North America: The invasion and its implications! Ohio Sea Grant, Ohio State University, Columbus, OH. URL: <http://www.sg.ohio-state.edu/f-search.html>
- Strayer, D. L., K. A. Hatala & A. W. Kahnle. 2004. Effects of an invasive bivalve (*Dreissena polymorpha*) on fish in the Hudson River estuary. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.* nr. 61, s. 924-941.
- Søndergård, M., J. Skriver & P. Henriksen. 2006. Vandmiljø – biologisk tilstand. Miljøbiblioteket nr. 10. Forlaget Hovedland.
- Sønderjyllands Amt 1992. Jels Søerne. Miljøtilstand 1982-1990.
- Tucker, J. K., F. A. Cronin, D. W. Soergel & C. H. Theiling 1995. Predation on zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) by common carp (*Cyprinus carpio*), <http://www.sgnis.org/publicat/papers/tucker3.pdf>
- University of Wisconsin Sea Grant Institute 2001. Zebra mussels and other nonindigenous species. www.seagrant.wisc.edu/greatlakes/glnetwork/exotics.html
- Vejle Amt 2006. Vandremuslingen i Fårup Sø 200 og 2006. Rapport til Vejle Amt udarbejdet af Per Grøn, Orbicon, Johs. Ewaldsvej 42-44, 8230 Åbyhøj.
- Wright, D. A., E. M. Setzler-Hamilton, J. A. Magee, V. S. Kennedy & S. P. McIninch. 1996. Effect of salinity and temperature on survival and development of young zebra (*Dreissena polymorpha*) and quagga (*Dreissena bugensis*) mussels. *Estuaries*. Nr. 19(3), s. 619-628.
- Wu, L. & D. A. Culver. 1991. Zooplankton grazing and phytoplankton abundance: An assessment before and after invasion of *Dreissena polymorpha*. *J. Great Lakes Res.*

Yu, N. & D. A. Culver. 1999. In Situ Survival and Growth of Zebra Mussels (*Dreissena polymorpha*) Under Chronic Hypoxia in a Stratified Lake, National Marine Fisheries Service, NOAA.