

Effekter på planktonsamhället av vattenjet

För Havs- och Vattenmyndigheten

Fredrik Norén, Katja Norén & Kerstin Magnusson

2013-10-29

Arkivnummer: U4472

Rapporten godkänd:
2013-10-25



Björne Olsson
Enhetschef

IVL Svenska
Miljöinstitutet

Box 21060, SE-100 31 Stockholm
Valhallavägen 81, Stockholm
Tel: +46 (0)8 598 563 00
Fax: +46(0)8 598 563 90
www.ivl.se

Box 53021, SE-400 14 Göteborg
Aschebergsgatan 44, Göteborg
Tel: +46 (0)31 725 62 00
Fax: + 46 (0)31 725 62 90

Innehållsförteckning

Introduktion	2
Material och metoder	4
Delstudie 1 – Effekt på plankton av passage igenom en vattenjet.....	4
Delstudie 2 – Effekter på planktonsamhället vid en Jet-ski tävling	5
Resultat och diskussion.....	6
Delstudie 1 – Effekt på plankton vid passage genom en vattenjet	6
Delstudie 2 – Effekter på planktonsamhället vid en Jet-ski tävling	8
Tillkännagivande	9
Referenser	9

Introduktion

Effekter av vattenskotrar/vattenjet är ofta studerade som en typ av båt bland andra vanliga båtar, såsom mindre samt större motorbåtar med propellerdrift. Studerade effekter är exempelvis kopplade till ljud och då framförallt störningen på fåglar (Davenport and Davenport 2006), det förekommer även studier av ljudeffekter på däggdjur såsom delfiner (Mattson, Thomas, and Aubin 2005). Det finns även studier av effekter från föroreningar som en följd av utsläpp av oförbränt bränsle (Davenport and Davenport 2006), liksom från uppkomsten av turbulens i vattenpelaren (Asplund 2000). Eftersom vattenjet kan köras i mycket grunt vatten och också köras upp på stranden, så är den beräknade risk-klassningen vad gäller erosionsskador och trampskador från den här typen av fartyg hög (Thurstan et al. 2012). Effekter på plankton av specifika kavitations jetpumpar har studerats av bl.a. Takagi m.fl. (2008), de fann stora dödliga effekter på ägg och larver av djurplanktonet *Artemia salina*. Det bör noteras att öppningen på deras sprutmunstycke var 1x8 mm och storleken på testorganismerna var 0,3 – 1,0 mm. Vidare använde de en pump som skapar mycket starka tryckpulser, så direkta jämförelser med de jet-aggregat som används i vattenskotrar kan inte göras. Liknande referenser har inte inkluderats i denna introduktion. Jämförelsen med övrig trafik av snabbgående båtar med vanliga propellrar framgår i en litteratursammanställning av Mosisch and Arthington (1998). Denna sammanställning inkluderar många effekter som är gemensamma för all typ av snabbgående båtar såsom ljud, vågor och kemikalier.

Specifika analyser av möjliga effekter från vattenjet (vattenskotrar/vattenjet) på planktonsamhällen har inte påträffats i tillgänglig litteratur.

Studien syftar på att specifikt studera effekter av vattenjet på planktonsamhället i havet.

Med planktonsamhälle menas i denna studie *djurplankton* och *växtp plankton*, men inte de minsta *bakterieplanktonen*. Definitionen av begreppet *plankton* är vattenorganismer som inte kan simma fortare än strömhastigheten, utan i stora drag driver med i strömningsriktningen. I övrigt är de en mycket heterogen grupp organismer. Djurplankton är flercelliga djur av många olika djurgrupper såsom kräftdjur (tex. copepoder, cladocerer samt larver av kräftor och krabbor), nässeldjur, larvstadier av flera maskar (främst polychaeter och nematoder) samt larver av snäckor/musslor för att nämna de mest dominerande grupperna. Storleken på de flesta mikroskopiska djurplanktonen varierar från 0,5 mm till 4 mm. De gelatinösa djurplanktonen – maneterna och kammaneterna är från några millimeter upp till några decimeter stora. Växtp plankton består av en än större mångfald av organismer vilka något förenklat är från några tusendels millimeter upp till 0,2 mm i längd. Dominerande grupper i denna studie är dinoflagellater, kiselalger samt ciliater. I den aktuella studien har växtp plankton mindre 10 µm exkluderats av analystekniska skäl.

Begreppet vattenskotrar inkluderar i denna undersökning både sitt- och ståmaskiner: Sittmaskinen som är den vanligaste typen, är stabil i vattnet, se Figur 1. Ståmaskinen är instabil i vattnet innan farten har ökat och används i del två av denna studie, se Figur 2. Sittmaskinerna har oftast starkare motorer, 100-300 hkr, än ståmaskinerna som oftast har motorstyrkor runt 70 hkr. Ståmaskinerna kallas ofta Jet-ski efter ett ledande varumärke. Ståmaskinernas påverkan studerades inom ramen för projektet i en undersökning i samband med en lokal amatörtävling för Jet-ski.

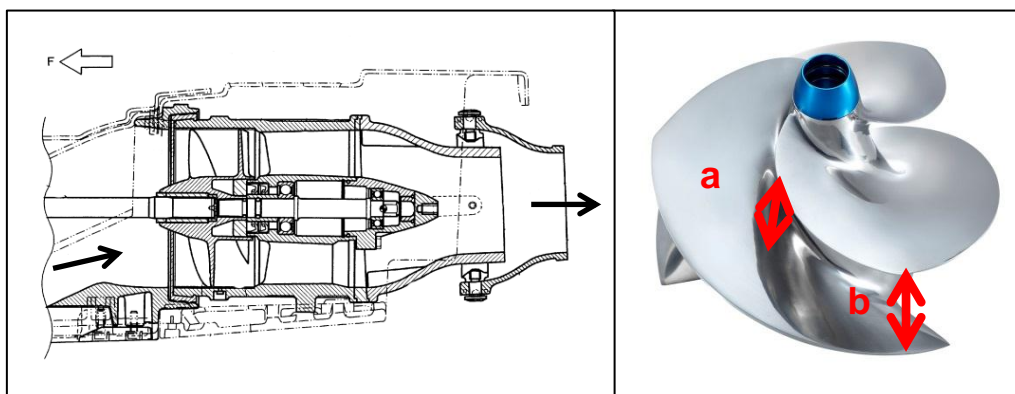


Figur 1 Vattenskoter av sitt-modell som användes i undersökningens första del.



Figur 2 vattenskotrar av stå-modell (Jet-ski). Bilden är från undersökt amatörtävling.

Principen bakom framdrivningen av en vattenskoter är densamma som för en vanlig båtpropeller. Den stora skillnaden är att propellern är monterad inuti ett rör (och kan då kallas impeller) och att mynningen av röret är rörligt för att på så sätt styra farkosten, se Figur 3. Impellern har ett avstånd av 30-40 mellan bladen och finns i tre- eller fyrbladiga utförande, se Figur 3 för en bild på impeller som är vanlig i Jet-ski.



Figur 3 Vänster : Principskiss av en vattenjet som används för vattenskotrar. Källa Wikimedia Höger. En trebladig vattenski-impeller (dvs propeller monterad inne i ett rör). Mått; a. 35 mm och b. 41 mm. Källa Solas propellrar.

Studien delades upp i två delstudier; I den första delstudien hyrdes en vattenskoter av sittmodell med kraftig motor för att studera överlevnaden i passage igenom ett jet-aggregat. I den andra studien studerades effekterna på ett vattenpaket i ett ”worst-case” scenario i samband med en amatörtävling där nio Jet-ski tävlade i ett litet och relativt grunt område.

Material och metoder

Delstudie 1 – Effekt på plankton av passage genom en vattenjet

En vattenskoter, SeaDoo GTX 215, hyrdes av Jetmarine i Henån. Vattenskotern är av sittmodell (se Figur 1 och 4) och har en motorstyrka på 215 hkr. Totalt genomfördes fyra testkörningar (”sakta fart”, ”50 km/t”, ”5000 rpm” samt ”8000 rpm”) samt två kontrollprov. De två första körningarna betraktades som utveckling av provtagningsmetodiken, där prover togs från en åkande vattenskoter, resultaten utesluts då det



Figur 4 Testuppställning med körande vattenskoter. Prover togs med planktonhåv i utvattnet efter vattenskotern vid olika varvtal.

visade sig olämpligt att provta från vattenskotern (en djurplanktonhåv kan inte dras så fort) och då risken för utblandning av vatten som inte passerat vattenjeten var högre än i testerna då vattenskotern låg fast vid bryggan, (”5000 rpm” samt ”8000 rpm” se nedan och Figur 4).

För att testa eventuella effekter på vitalitet/dödlighet togs vattenprover 0,5 meter bakom utblåset när vattenskotern kördes med fören mot en träbrygga. Kontrollprover på icke behandlat vatten togs cirka 5 meter framför (uppströms) vattenskotern, innan den hade startats. Prover togs vid två varvtal, 5000 rpm samt 8000 rpm, som motsvarar ~50 % effekt samt ~100 % effekt.

Testkörningarna genomfördes vid Kristineberg Marin Forskningsstation den 21:e augusti 2013.

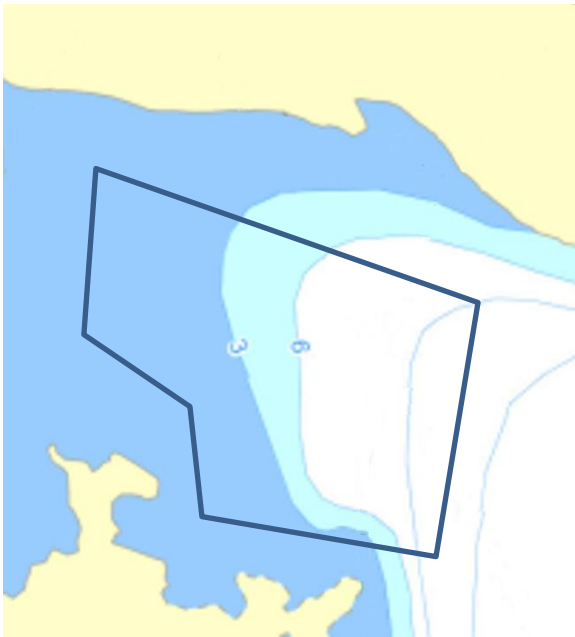
Proverna analyserades omgående (analysstart inom 10 minuter från provtagning) för att identifiera levande, stilla/skadade samt döda individer i de utvalda djurplanktongrupperna. Växtplanktonproverna fick stå 20 minuter innan analys för att cellerna skulle sjunka till botten.

Provtagning av djurplankton gjordes med en djurplanktonhåv, fyrkantiga maskor med 300 μm i basen. Provet samlades upp i botten av filtret i en polykarbonatflaska. Provtagning av växtplankton genomfördes med en växtplanktonhåv, fyrkantiga maskor med 10 μm i basen. Prover av växtplankton togs endast i behandlingen 5000 rpm.

Delstudie 2 – Effekter på planktonsamhället vid en Jet-ski tävling

Vattenprover på togs i samband med en informell amatörtävling i Bohuslän i början av september. Det var nio stycket Jet-ski (ståmodellen av vattenskoter). Tävlingen kördes i heat om vardera cirka 25 minuter, kring en liten snitslad bana. Banområdet var cirka 130 x 270 meter, area cirka 30.000 m². Djupet varierade från cirka 1 meter längst in i viken till cirka 10 meter längst ut i banan. Den djupare delen lodades inte, djupet uppskattades via sjökort, se Figur 5 Banområdet för undersökt Jet-ski evenemang. Övre benets längd ~270 meter. Tävlingen pågick i en snitslad bana inne i området.

Prover togs med en roddeka där en djurplanktonhåv (maskvidd 300 µm) drogs efter båten under cirka 10 meter. Håven provtog ytvattnet. Tre prover togs som kontroll 10 minuter innan tävlingen startade. Därefter togs tre prover direkt efter heat 1 och direkt efter heat 2 där båda heaten hade en varaktighet på 25 minuter. Tiden mellan heaten var cirka 15 minuter. Proverna togs inom fem minuter från avslutat heat. Positionen för varje prov inom banan slumpades godtyckligt ut.



Figur 5 Banområdet för undersökt Jet-ski evenemang. Övre benets längd ~270 meter. Tävlingen pågick i en snitslad bana inne i området.

Resultat och diskussion

Delstudie 1 – Effekt på plankton vid passage genom en vattenjet

Ingen skillnad kunde påvisas mellan behandling (5000 rpm) och kontroll avseende växtplankton.

De arter som studerades är sådana arter, vilka är lätta att analysera i levande prover och som också dominerade i de insamlade proverna; dinoflagellaterna *Ceratium tripos*, *Ceratium lineatum*, *Prorocentrum micans*, *Dinophysis norvegica*, *Protoceratium reticulatum* samt *Protoperdinium* sp. (där sp. innebär en icke bestämd art av släktet *Protoperdinium*); Kiselalgen *Chaetoceros* sp., *Nitzschia* sp. samt *Thalassiosira* sp. dessutom tillkom övriga små oidentifierade flagellater. Det var generellt mycket lite växtplankton i vattnet. Det förekom å andra sidan mycket djurplankton i vattnet vilka äter växtplankton. I denna studie var det också extra svårt att analysera vitaliteten av växtplankton korrekt då många djurplankton förekom i samma håvprov, detta leder till att främst dinoflagellaterna periodvis ligger stilla även i kontrollen. Detta beteende kan vara ett skydd mot just djurplanktonbetare.

De stora växtplanktoncellerna är cirka 0,1 mm långa och sålunda cirka 350 gånger mindre än avståndet mellan impellerbladen vilket kan förklara resultaten. Vidare kan rent hydrodynamiska förhållandena göra att växtplanktonceller är väl skyddade från effekter av vattenturbulens baserat på att vattnet upplevs som visköst, dvs trögt som sirap, för de allra minsta varelserna. Detta fenomen uttrycks i begreppet Reynolds tal som relaterar en i vatten nedsänkt kropps tröghetskraft i förhållande till dess viskösa omgivning ("Reynolds Number" 2013). Vidare används bland planktologer begreppet Kolmogorov längden som anger att de minsta turbulens-virvlarna i havet är någon/några millimeter stora och att de flesta växtplankton (och djurplankton) är mindre än denna längd för att undgå skjuvkrafter (*shear stress*) från turbulens (Peters and Marrasé 2000). Ökas energin än mer i vattnet, uppstår inte mindre virvlar utan endast en ökad energiövergång till värme ("Kolmogorov Microscales" 2013)

En viss dödlighet uppmättes för djurplankton i 4 av 10 organismgrupper, dvs 6 av 10 djurgrupper påverkades inte av passage genom vattenjeten, se Tabell 1.

De brännmaneter som fanns i vattnet överlevde inte passage igenom vattenjeten, utan sönderdelades i småbitar. Då endast två kontrollprover och två behandlingar genomfördes är det svårt att kvantifiera denna ökade dödlighet med god statistisk säkerhet. I de fall där andelen oskadade inte förändras kan vi dock vara säkra på att dödligheten inte ökade.

Tabell 1 Sammanställning av påverkan på olika djurplanktongrupper före och efter passage igenom en vattenjet (vattenskoter av sittmodell). Överlevnaden anges som procent oskadade djur. Antalet analyserade djur anges i kolumnen "n=". För behandlingsproverna kunde inte provvolymen mätas. Grön färg indikerar liten negativ effekt, gul färg viss negativ effekt (20-50%) och röd färg indikerar hög dödlighet (>50%).

	Kontroll 1		Kontroll 2		Behandling 5000 rpm		Behandling 8000 rpm	
	volym = 100 lit		volym = 100 lit		% oskadade	n=	% oskadade	n=
	% oskadade	n=	% oskadade	n=	% oskadade	n=	% oskadade	n=
Stora copepoder (l. > 1 mm)	93%	58	96%	45	92%	48	94%	235
Små copepoder (l. = 0,25 - 1 mm)	98%	227	97%	183	83%	80	88%	282
Podon (cladocer)	78%	9	80%	15	75%	8	42% ¹	12
Anamalocera pattersoni (copepod)	100%	6	92%	13	75%	4	62%	13
Snäcklarver (veliger-larver, diam. ~0,5 mm)	100%	137	100%	109	100%	30	100%	196
Bipinnaria larver (sjöstjärnelarver)	100%	2	100%	4		0	100%	1
Echinopluteus larver (sjöborrelarver)	100%	2	100%	7		0	100%	38
Evertebratlarv (0,1-0,3 mm x 1,0 mm)	100%	1	100%	2		0	100%	3
Nematod (0,1 * 1 mm)		0		0	100%	1		0
Lancettfisk (~0,3 * 3 mm)		0		0	93%	14	77%	13
Brännmaneter		0		0	0%	1		0

Not 1: Det planktoniska kräftdjuret *Podon* fastnade i ytspänningen och fick därav ökad dödlighet. Det kan inte uteslutas att det var själva hävprovtagningen som orsakade fenomenet och därför exkluderas denna djurgrupp.

En tolkning av resultaten är att effekten är liten på djurplanktonsamhället – med undantag av större gelatinösa zooplankton, dvs maneter. Detta är dock en tolkning, och som bör betraktas i relation till våra åsikter om vad som ska betraktas som en liten eller en stor påverkan.

Organismgruppen maneter och kammaneter är antagligen mycket känsliga för passage genom en vattenjet. I denna undersökning förekom endast brännmaneter vilka alla dog vid passage (detta noterades också utanför själva provtagningen då maneter passerade vattenskotern)

Delstudie 2 – Effekter på planktonsamhället vid en Jet-ski tävling

Inga tydliga minskningar i förekomst av oskadade/vitala djurplankton kunde uppmätas efter de två tävlingsheaten med undantag för gruppen Snäckveligers (planktoniska larver av snäckor) vilka minskade andelen oskadade individer, från 100 % till 88 %.

Effekter på brännmaneter noterades genom att antalet hela/friska maneter räknades under roddturen vid provtagning. Innan tävlingen var alla (18 st) brännmaneter oskadade. Efter Heat 1 och Heat 2 var cirka 50 % av maneterna trasiga (10 resp. 7 maneter noterades).

Det är inte möjligt att avgöra hur mycket bottenvatten som farkosterna rörde upp eller i vilken utsträckning det pumpade vattnet blandades ut med nytt vatten. Vi bör dock kunna utgå från att det är ett realistiskt worst-case scenario som sannolikt endast uppstår vid tävlingstillfällen med vattenskotrar, eller annan intensiv trafik med denna typ av farkoster. I ett mer ”normalt” scenario bör inte djurplanktonsamhället påverkas negativt i någon nämnvärd utsträckning– undantaget maneter.

Tabell 2 Sammanställning av påverkan på olika djurplanktongrupper i vattnet före och efter en Jet-ski tävling. I kontrollen samt i varje heat togs tre djurplanktonprover (tre replikat). Antalet analyserade djur anges i kolumnen ”n=”. Grön färg indikerar liten negativ effekt, gul färg viss negativ effekt (20-50%) och röd färg indikerar hög dödlighet (>50 %). I de fall det inte föreligger en signifikant skillnad används ingen färg.

	Kontroll			Heat 1			Heat 2		
	% oskadade (medel)	% oskadade (SD)	n=	% oskadade (medel)	% oskadade (SD)	n=	% oskadade (medel)	% oskadade (SD)	n=
Stora copepoder (l. > 1 mm)	93%	6%	59	86%	12%	17	75%	25%	6
Små copepoder (l.= 0,25 - 1 mm)	87%	9%	160	94%	1%	269	87%	1%	79
Podon (cladocer)	35%	29%	33	28%	10%	51	45%	9%	38
Apendicularier	68%	20%	34	85%	5%	79	81%	8%	253
Mysid (pungräka)	100%	0%	5			1			0
Mytilus larv (veliger)	100%	0%	1			0			1
Snäckveliger	100%	0%	48	89%	2%	103	88%	4%	441
Bottenfällda snäckor/veliger	24%	7%	44	83%	24%	8			0
Bipinnaria (sjöstjärnelarv)	50%	41%	8			0			1
Luidia sarsii (sjöstjärna)	0%	0%	1			0			0
Polychaet larv			0			0			0
Obelia medusa	75%	25%	6			4	65%	35%	16
Övriga medusor			0			2			1
Leuckartia medusa	100%	0%	1			0			1

Tillkännagivande

Tack till de Jet-ski åkare som var tillmötesgående och underlättade provtagning i samband med deras tävling. Tack till Christian Cagnard för teknisk expertis kring vattenskotrar.

Referenser

- Asplund, Timothy R. 2000. *The Effects of Motorized Watercraft on Aquatic Ecosystems*. Wisconsin Department of Natural Resources.
<http://roundthelake.com/PIER%20WT%20DNR/lakes.pdf>.
- Davenport, John, and Julia L. Davenport. 2006. "The Impact of Tourism and Personal Leisure Transport on Coastal Environments: a Review." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67 (1): 280–292.
- "Kolmogorov Microscales." 2013. *Wikipedia, the Free Encyclopedia*.
http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Kolmogorov_microscales&oldid=541200490.
- Mattson, Megan Cope, Jeanette A. Thomas, and David St Aubin. 2005. "Effects of Boat Activity on the Behavior of Bottlenose Dolphins (*Tursiops Truncatus*) in Waters Surrounding Hilton Head Island, South Carolina." *Aquatic Mammals* 31 (1): 133–140.
- Peters, Francesc, and Cèlia Marrasé. 2000. "Effects of Turbulence on Plankton: An Overview of Experimental Evidence and Some Theoretical Considerations." *Marine Ecology. Progress Series* 205: 291–306.
- "Reynolds Number." 2013. *Wikipedia, the Free Encyclopedia*.
http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Reynolds_number&oldid=571120111.
- Takagi, Ken-Ichi, Naoki Watanabe, and Hiroharu Kato. 2008. "Destruction of Plankton Using Cavitating Jet." *Journal of Fluid Science and Technology* 3 (1): 90–103.
- Thurstan, Ruth H., Julie P. Hawkins, Luiza Neves, and Callum M. Roberts. 2012. "Are Marine Reserves and Non-consumptive Activities Compatible? A Global Analysis of Marine Reserve Regulations." *Marine Policy* 36 (5): 1096–1104.