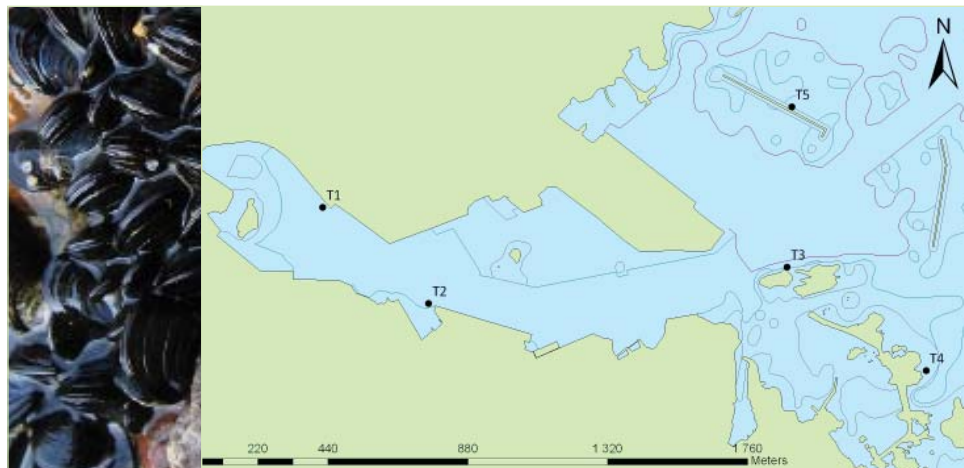




# Linnéuniversitetet

Institutionen för naturvetenskap

## Korttidsupptag av metaller i blåmussla Transplantationsförsök i Oskarshamns hamn 2011



Susanna Andersson  
Maj 2012  
ISSN 1402-6198  
Rapport 2010:12

Korttidsupptag av metaller i blåmussla  
Transplantationsförsök i Oskarshamns hamn 2011

Analys och rapport  
Susanna Andersson

Illustrationer  
Susanna Andersson  
Stefan Tobiasson

Fältarbete  
Stefan Tobiasson  
Edvin Tobiasson  
Susanna Andersson

Labarbete  
Susanna Andersson  
Lisa Bergström

På uppdrag av  
Oskarshamns kommun

Granskad av  
Stefan Tobiasson  
Jonas Nilsson

Kalmar, maj 2012



**Linnéuniversitetet**

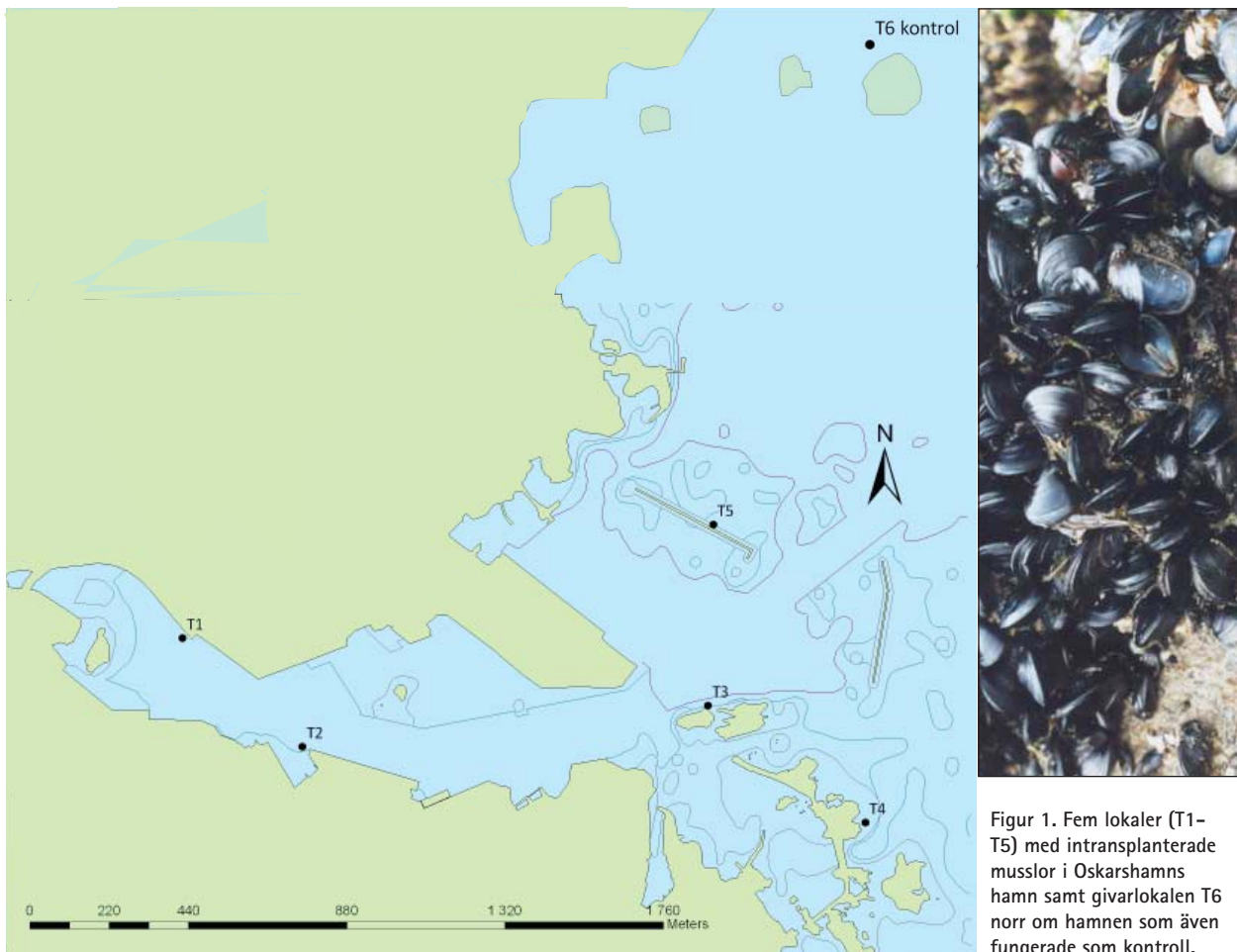
Institutionen för naturvetenskap

## Sammanfattning

På uppdrag av Oskarshamns kommun studerades under hösten 2011 spridning och korttidsupptag av tungmetaller i Oskarshamns hamn genom transplantation av blåmusslor (*Mytilus edulis*). Musslor transplanterades från ett rent kontrollområde till fem lokaler i en gradient från hamnen och utåt. Mätning och analys av tio olika tungmetaller genomfördes vid start och vid fyra senare tillfällen; 8, 21, 39 resp 70 dygn efter transplantationen. Undersökningen genomfördes från september till november 2011, och kommer att upprepas i samband med saneringen av hamnen, samt fem år efter avslutad sanering. Analysresultaten i denna rapport fungerar som ett jämförelsematerial för att kunna mäta eventuella positiva eller negativa effekter av hamnsaneringen.

Resultaten visar tydligt hur tre av de tungmetaller (koppar, kadmium och bly) som idag förekommer i höga halter i hamnområdet ökade i de inflyttade blåmusslorna. Ökningen av koppar (Cu) var särskilt snabb i de inre delarna av hamnområdet och redan vid första avläsningen var kopparhalten där i nivå med den som uppmätts i musslor som lever på platsen (in situ). Även haltökningen av kadmium (Cd) och bly (Pb) var tydlig i hamnområdet, halterna av dessa ämnen ökade successivt, men kom inte under försökstidens gång upp i samma nivå som i in situ musslor.

För de metaller som fanns i högre halter i musslor utanför hamnen (Hg, Ni, Cr, As) närmade sig halterna efterhand de som uppmätts i musslor i det område de transplanterats till. I hamnen minskade t ex halten krom (Cr) snabbt, medan minskningen av arsenik, kvicksilver och nickel skedde mer successivt. Halterna av kobolt (Co) och Zink (Zn) förändrades inte tydligt i något av områdena. Halten av mangan (Mn) varierade stort mellan olika mättillfällen och något tydligt mönster gick inte att urskilja.



Figur 1. Fem lokaler (T1–T5) med intransplanterade musslor i Oskarshamns hamn samt givarlokalen T6 norr om hamnen som även fungerade som kontroll.

På uppdrag av Oskarshamns kommun studerades under hösten 2011 spridning och korttidsupptag av tungmetaller genom transplantation av blåmusslor (*Mytilus edulis*). Musslor transplanterades från ett opåverkat kontrollområde till fem lokaler i en gradient från hamnen och utåt. Mätning och analys av tungmetaller genomfördes vid start och vid fyra senare tillfällen, 8–70 dygn efter transplantationen. Undersökningen genomfördes från september till november 2011 och kommer att upprepas i samband med, samt fem år efter avslutad sanering. Analysresultaten ska fungera som ett jämförelsematerial för att kunna mäta eventuella effekter av saneringen.

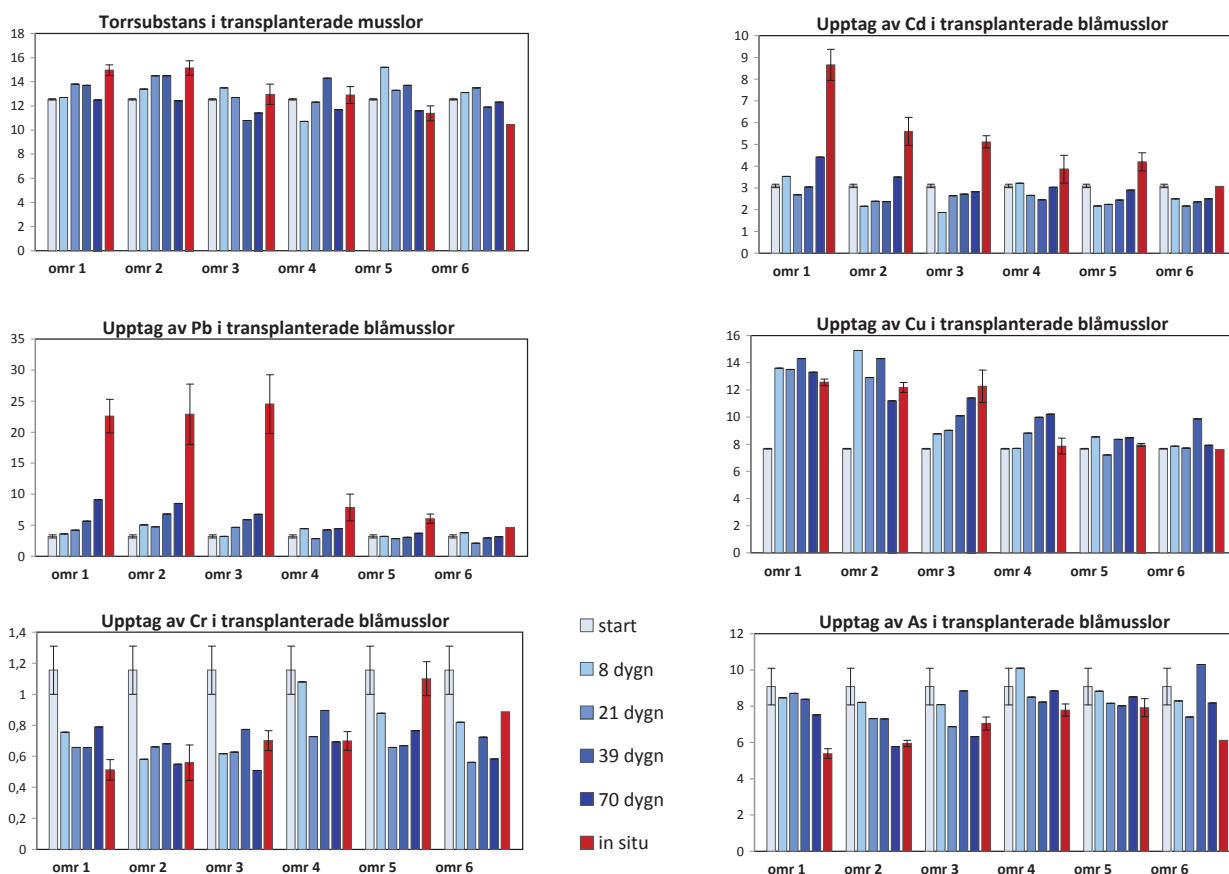
### Organismer anrikar gifter

Metaller förekommer naturligt i havsvatten, sediment och organismer. Genom mänsklig aktivitet har halten av flera tungmetaller ökat i många områden vilket är allvarligt då redan en liten förhöjning kan ge biologiska störningar för vattenlevande organismer. Östersjöns låga salthalt gör att effekten av vissa tungmetaller blir tydlig redan vid relativt låga halter. De tungmetaller som hittills visats ha de starkaste biologiska effekterna är kvicksilver, kadmium, bly, koppar och arsenik. Samtliga av dessa tungmetaller förekommer i förhöjda halter i Oskarshamns hamn som har en lång historia av industriell verksamhet. Musslor tar främst upp och anrikar de tungmetaller som finns bundna till partiklar i vattenmassan. Den mussla som vanligtvis används för

miljöövervakning är blåmussla (*Mytilus edulis*). Mätning av tungmetaller i musslor från svenska kustområden har utförts under lång tid och det finns därmed ett ganska stort bakgrundsmaterial att tillgå. För att undersöka hur tungmetaller sprider sig från hamnens förorenade sediment, och få kunskap om hur lång tid det tar för blåmusslor från ett renare område att anrika dessa ämnen, genomfördes ett transplantationsförsök.

### Insamling, transplantation och analys

Blåmusslans korttidsupptag av tungmetaller i hamnområdet studerades genom att flytta in musslor från ett relativt opåverkat kontrollområde norr om Oskarshamn (T6 kontroll figur 1). Musslorna samlades in av dykare på ett djup av ungefär 3m den 12 september 2011. Drygt 100 normalstora musslor rensades från påväxt och placerades därefter i en nätkasse med maskvidden 5 mm och fästes på samma djup på fem positionsbestämda lokaler i en gradient ut från hamnen (T1-T5 figur 1). Musslorna analyserades initialt med avseende på innehåll av tio tungmetaller (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn). Vid fyra tillfällen mellan 20 sept och 21 nov 2011 plockades 25 av de kvarvarande musslorna ut för analys. Även på kontrolllokalen (T6) placerades en nätkasse med musslor som hanterades på samma sätt. De musslor som samlades in för analys placerades i vatten från samma lokal under 48h för att bli



Figur 2. Korttidsupptag av några tungmetaller (Cd, Pb, Cu, Cr, As) samt torrsubstans i blåmusslor transplanterade från kontrollområde (omr 6) till fem lokaler i och kring Oskarshamns hamn under hösten 2011. Halter anges i mg/kgTS vid start, samt efter 8, 21, 39 och 70 dygn. Röda staplar visar halter i de musslor som levtt på platsen (In situ).

av med ekskrementer. Därefter förvarades musslorna i frys (-20° C) inför preparering och analys. De kemiska analyserna utfördes av ackrediterat laboratorium (ALS Scandinavia AB).

De erhållna resultaten jämfördes med resultat från in situ mätningar som gjordes samma höst i de aktuella områdena, mellan olika områden, samt mellan de olika avläsningarna (start samt avläsn1-4). Undersökningen kommer att återupprepas i samband med saneringen av hamnen, samt fem år efter avslutad sanering. Kunskapen om eventuella skillnader i musslornas korttidsupptag kan därmed fungera som ett mått på spridning av tungmetaller under saneringen, samt på längre sikt saneringens effekt på inlagringen av tungmetaller i en vattenlevande organism.

## Resultat

Torrsubstansen (TS % av färskvikt) för startmusslorna var 12,6 %. Vid de övriga avläsningarna varierade TS mellan 10,7 och 15,2 %. Halten TS kan variera naturligt beroende på musslornas storlek och växtplats.

TS tenderade generellt att öka under försökstiden, vilket kan vara en effekt av tillväxten under perioden. Ökningen var något större för de musslor som placerades i hamnområdet jämfört med de som var kvar på kontrolllokalen. Särskilt tydligt var ökningen i område 1, 2 och 5 (figur 2).

## Metaller

Resultatet av samtliga metallanalyser redovisas i diagram- och tabellform i bilaga 1 och 2.

Halterna av de tungmetaller som ursprungligen fanns i förhöjda halter i musslor i hamnområdet (Cu, Cd, Pb; figur 2) ökade tydligt i de transplanterade musslorna. I de inre områdena med högst kopparhalter (omr 1 och 2) ökade kopparhalten i musslorna tydligt redan till första avläsningen efter 8 dygn. I område 3 och 4 skedde inlagringen av koppar mer successivt. I område 5 och 6 var halterna relativt stabila under försökets gång. I samtliga områden ökade kopparhalten till samma nivå som uppmätts i musslor som levtt på platsen.

Haltökningen av bly och kadmium skedde successivt i område 1, 2 och 3 under den studerade perioden. Halterna kom inte upp i samma nivå som i in situ musslor under den tid försöket pågick. I omr 4, 5 och 6 var halterna av bly och kadmium relativt stabila.

För de metaller som fanns i högre halter i musslor utanför hamnen (Hg, Ni, Cr, As), närmade sig halterna efterhand de som förekom naturligt i det område de transplanterats in till. Vad gäller krom minskade halterna i musslor i hamnområdet (omr 1-3) snabbt. Redan vid första avläsningen hade halterna minskat tydligt i de transplanterade musslorna. Med undantag för omr 1 till samma nivå som i in situ musslor. Även halterna av arsenik, kvicksilver och nickel minskade i musslor som

placerats i hamnområdet. Minskningen av dessa ämnen skedde mer successivt, och halterna kom generellt inte ner till samma nivåer som i in situ-musslorna. Halten av kobolt och zink förändrades generellt inte så mycket i något av områdena, med undantag av kobolthalten i omr 3, som tenderade att öka under försökstidens gång (bilaga 1).

Resultatet för mangan skilde sig mellan de olika mätningarna, men inget tydligt mönster kunde urskiljas. In situ-mätningen av manganhalten uppvisade stora skillnader mellan lokaler, särskilt inom område 1 och 5, vilket kanske kan vara en förklaring till det spretiga resultatet. Avläsning 2 var hög och 3 var låg i samtliga områden vilket antyder att manganhalten varierar likartat mellan områdena, vilket kan innebära att det är andra omgivningsfaktorer utöver bakgrundshalterna som styr upptaget av mangan. Mangan finns ofta i höga halter i det översta markvattnet, och förs ut till kusten genom ytavrinning vid kraftiga höstregn (Ingri 2012), vilket kan vara en förklaring till resultatet.

Den snabba inlagringen av koppar tyder på ett aktivt upptag i musslan. Koppar är det aktiva ämnet i hemocyanin som är en grupp proteiner som hos bland annat musslor, står för syrgastransporten i blodet. Hemocyanin är det vanligaste syretransportämnet i naturen, efter hemoglobin. Då halterna av koppar var förhöjda i in situ-musslor i hamnområdet, men inte extremt höga (klassning i hamnområdet 2011 visade liten avvikelse från Naturvårdsverkets jämförvärden), kan förklaringen till det snabba upptaget koppar vara att musslan aktivt tar upp koppar för att bilda mer hemocyanin, och därmed kunna öka transporten av syrgas till vävnaderna.

Responserna av koppar har visat sig vara snabb även i tidigare transplantationsstudier, medan responserna för zink och kvicksilver var långsammare (Roesijadi m fl 1984). Zink ackumuleras sannolikt i musslans njurar, ett organ för långtidsförvaring, vilket tyder på att förändringen av zinkhalten kan ta längre tid. Haltminskningen har i en annan undersökning visat 8-16 veckors fördröjning för musslor som sattes ut i områden med lägre halter av zink (Roesijadi m fl 1984).

Var i musslan metallerna inlagras är olika för olika metaller. Den snabba responserna för krom (Cr) antyder att musslorna aktivt kan reglera halten även av detta ämne. Bly och kadmium ackumulerades däremot mer successivt under försöksperioden. Bly adsorberas liksom några andra metaller (Co, Hg, Mn) snabbt på partiklar i vattenmassan (Ingri 2012). Musslorna tar främst upp och anrikar de tungmetaller som finns bundna till partiklar i vattenmassan.

Mekanismerna för musslans upptag av metaller är dock inte helt klarlagd och bör utredas bättre (Vercauteren 1999). Musslans storlek kan ha betydelse för hur snabbt olika ämnen lagras in, men det finns delvis motstridiga uppgifter om för vilka metaller detta spelar roll (Brix & Lyngby, 1985, Szefer m fl 1999). Generellt anses Hg och Pb (ev även Cd) ackumuleras under musslans livstid, och finns därmed i högre halter i

stora musslor, medan Cr (och ev Mn) finns i högre halter i små musslor. En förklaring kan vara att upptaget av de senare är snabbt i små musslor, och långsammare i stora. För andra ämnen (Cu, Zn, ev Cd) verkar halten vara oberoende av musslans storlek (Brix & Lyngby, 1985, Szefer m fl 1999). Även effekter av omgivningen såsom temperatur- salt- och syrgashalt kan påverka upptaget, likaså kan kombinationen av olika ämnen ha betydelse för metallernas effekter på vattenlevande organismer. Cu och Cd har t ex visat sig vara extra skadliga tillsammans (sk synergieffekt) (Theede 1985). Kadmium och zink kan inhibera varandras upptag (Vercauteren 1999) och halten av kobolt och mangan samvarierar ofta (Ingri 2012).

När undersökningen ska genomföras nästa gång är det därför viktigt att göra om studien vid samma tid på året för att minimera risken för säsongsmässiga skillnader.

Resultatet tyder på att blåmusslan har möjlighet att aktivt reglera halten av koppar och krom- då halterna av dessa ämnen snabbt kom i nivå med de som uppmätts i musslor som lever på platsen. Upptaget av flera andra metaller sker istället passivt och dessa ackumuleras i musslans mjukdelar efterhand.

## Referenser

Brix, H. & J.E. Lyngby. 1985. The influence of size upon the concentrations of Cd, Cr, Cu, Hg, Pb and Zn in the common mussel (*Mytilus edulis* L.). *Symposia Biologica Hungarica* 29; 253-271.

Ingri, J. 2012. Från berg till hav- en introduktion i miljögeokemi. Studentlitteratur.

Naturvårdsverket. 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet- Kust och Hav. Rapport 4914.

Roesijadi, G., Young, J.S., Drum, A.S., Gurtisen, J.M. Behavior of trace metals in *Mytilus edulis* during a reciprocal transplant field experiment. 1984. *Mar.Ecol. Prog.Ser.* 18: 155-170.

Szefer, P., Frelek, K., Szefer, K., Lee, Ch.-B, Kim, B.-S, Warzocha, J., Zdrojewska, I., Ciesielski, T. 2002. Distribution and relationships of trace metals in soft tissue, byssus and shells of *Mytilus edulis trossulus* from the southern Baltic. *Environmental pollution* 120: 423-444.

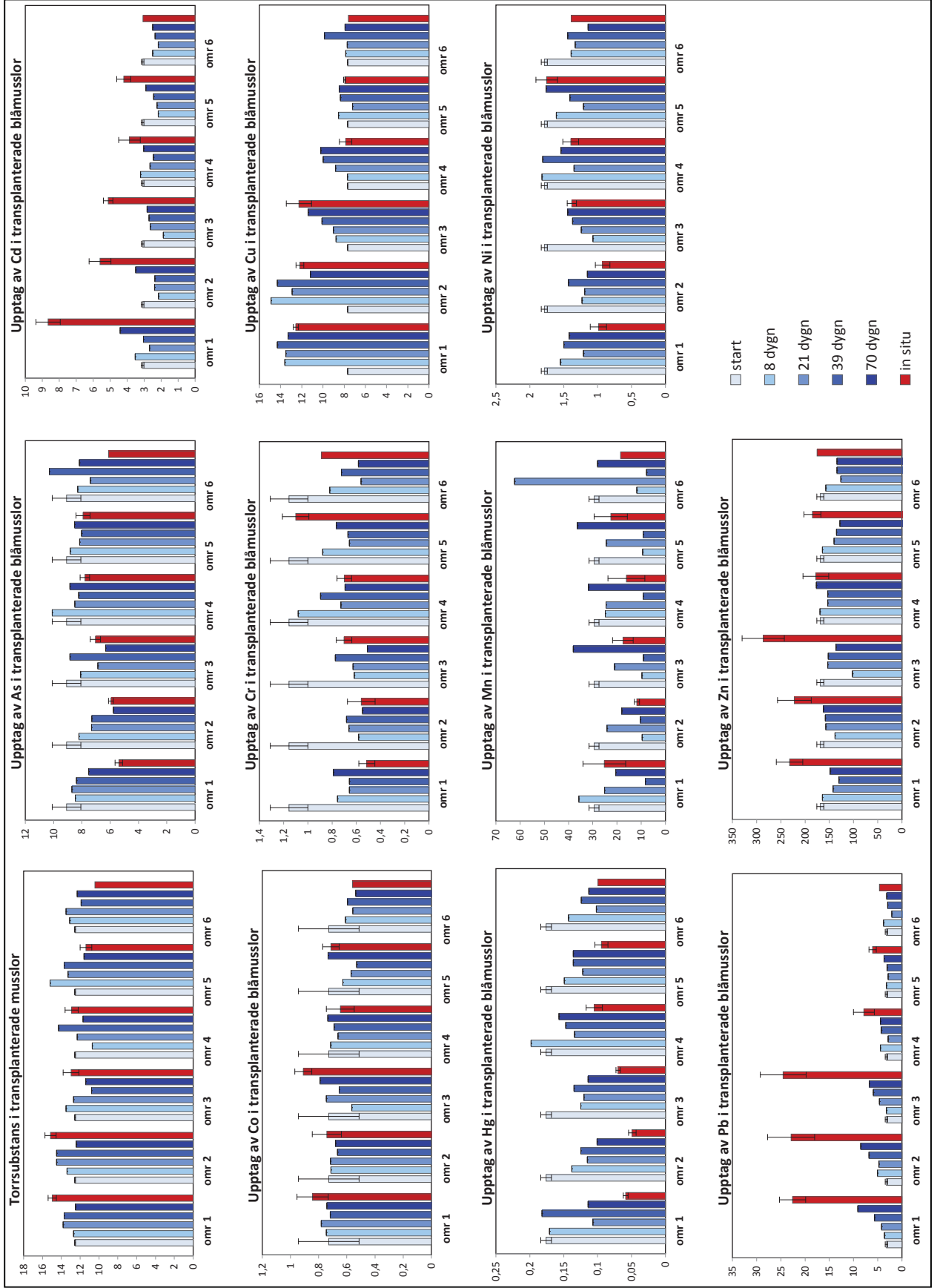
Theede, H. 1985. Some problems of pollution with heavy metals under the environmental conditions of the Baltic Sea. *Symposia Biologica Hungarica* 29; 223-238.

Vercauteren, K. & R Blust. 1999. Uptake of cadmium and zink by the mussel *Mytilus edulis* and inhibition by calcium channel and metabolic blockers. *Marine Biology* 135: 615-626.



# Bilaga 1

Korttidsupptag av tungmetaller i blåmusslor transplanterade från kontrollområde (omr 6) till fem lokaler i och kring Oskarshamns hamn under hösten 2011. Halter anges i mg/kgTS vid start, samt efter 8, 21, 39 och 70 dygn. Röda staplar visar halter i de musslor som levtt på platsen (In situ).



Korttidsupptag av tungmetaller i blåmusslor transplanterade från kontrollområde (T6) till fem lokaler i en gradient ut från Oskarshamns hamn (T1-T5) under hösten 2011. Halter anges i mg/kgTS vid start, samt efter 8, 21, 39 och 70 dygn. Vid starttillfället redovisas medelvärden av tre replikat samt medelvärdets standardfel (SE). Analyser utförda av ALS Scandinavia AB.

datum	Transpl	variabelnr	variabel	sort	T1	T1_SE	T2	T2_SE	T3	T3_SE	T4	T4_SE	T5	T5_SE	T6	T6_SE
2011-09-12	start	1	TS	%	12,55	0,05	12,55	0,05	12,55	0,05	12,55	0,05	12,55	0,05	12,55	0,05
2011-09-12	start	2	As	mg/kg TS	9,09	1,01	9,09	1,01	9,09	1,01	9,09	1,01	9,09	1,01	9,09	1,01
2011-09-12	start	3	Cd	mg/kg TS	3,09	0,08	3,09	0,08	3,09	0,08	3,09	0,08	3,09	0,08	3,09	0,08
2011-09-12	start	4	Co	mg/kg TS	0,7285	0,215	0,7285	0,215	0,7285	0,215	0,7285	0,215	0,7285	0,215	0,7285	0,215
2011-09-12	start	5	Cr	mg/kg TS	1,155	0,155	1,155	0,155	1,155	0,155	1,155	0,155	1,155	0,155	1,155	0,155
2011-09-12	start	6	Cu	mg/kg TS	7,67	0,02	7,67	0,02	7,67	0,02	7,67	0,02	7,67	0,02	7,67	0,02
2011-09-12	start	7	Hg	mg/kg TS	0,176	0,008	0,176	0,008	0,176	0,008	0,176	0,008	0,176	0,008	0,176	0,008
2011-09-12	start	8	Mn	mg/kg TS	29,45	2,05	29,45	2,05	29,45	2,05	29,45	2,05	29,45	2,05	29,45	2,05
2011-09-12	start	9	Ni	mg/kg TS	1,785	0,045	1,785	0,045	1,785	0,045	1,785	0,045	1,785	0,045	1,785	0,045
2011-09-12	start	10	Pb	mg/kg TS	3,185	0,245	3,185	0,245	3,185	0,245	3,185	0,245	3,185	0,245	3,185	0,245
2011-09-12	start	11	Zn	mg/kg TS	168,5	7,5	168,5	7,5	168,5	7,5	168,5	7,5	168,5	7,5	168,5	7,5
2011-09-20	avläsn 1	1	TS	%	12,7	0	13,4	0	13,5	0	10,7	0	15,2	0	13,1	0
2011-09-20	avläsn 1	2	As	mg/kg TS	8,46	0	8,21	0	8,1	0	10,1	0	8,83	0	8,3	0
2011-09-20	avläsn 1	3	Cd	mg/kg TS	3,53	0	2,16	0	1,87	0	3,22	0	2,17	0	2,5	0
2011-09-20	avläsn 1	4	Co	mg/kg TS	0,746	0	0,712	0	0,665	0	0,715	0	0,628	0	0,61	0
2011-09-20	avläsn 1	5	Cr	mg/kg TS	0,765	0	0,58	0	0,616	0	1,08	0	0,877	0	0,819	0
2011-09-20	avläsn 1	6	Cu	mg/kg TS	13,6	0	14,9	0	8,77	0	7,68	0	8,54	0	7,84	0
2011-09-20	avläsn 1	7	Hg	mg/kg TS	0,171	0	0,138	0	0,125	0	0,198	0	0,149	0	0,143	0
2011-09-20	avläsn 1	8	Mn	mg/kg TS	35,8	0	9,57	0	9,76	0	24,8	0	9,42	0	11,8	0
2011-09-20	avläsn 1	9	Ni	mg/kg TS	1,55	0	1,23	0	1,07	0	1,82	0	1,39	0	1,39	0
2011-09-20	avläsn 1	10	Pb	mg/kg TS	3,6	0	5,06	0	3,21	0	4,45	0	3,21	0	3,83	0
2011-09-20	avläsn 1	11	Zn	mg/kg TS	164	0	138	0	102	0	169	0	164	0	157	0
2011-10-03	avläsn 2	1	TS	%	13,8	0	14,5	0	12,7	0	12,3	0	13,3	0	13,5	0
2011-10-03	avläsn 2	2	As	mg/kg TS	8,71	0	7,32	0	6,87	0	8,5	0	8,16	0	7,41	0
2011-10-03	avläsn 2	3	Cd	mg/kg TS	2,68	0	2,39	0	2,65	0	2,66	0	2,24	0	2,17	0
2011-10-03	avläsn 2	4	Co	mg/kg TS	0,782	0	0,717	0	0,746	0	0,662	0	0,57	0	0,557	0
2011-10-03	avläsn 2	5	Cr	mg/kg TS	0,666	0	0,661	0	0,626	0	0,727	0	0,667	0	0,581	0
2011-10-03	avläsn 2	6	Cu	mg/kg TS	13,5	0	12,9	0	9,03	0	8,81	0	7,2	0	7,71	0
2011-10-03	avläsn 2	7	Hg	mg/kg TS	0,107	0	0,115	0	0,112	0	0,134	0	0,122	0	0,102	0
2011-10-03	avläsn 2	8	Mn	mg/kg TS	25,1	0	24,1	0	21	0	24,5	0	24,4	0	62,3	0
2011-10-03	avläsn 2	9	Ni	mg/kg TS	1,21	0	1,19	0	1,24	0	1,35	0	1,21	0	1,33	0
2011-10-03	avläsn 2	10	Pb	mg/kg TS	4,2	0	4,76	0	4,68	0	2,86	0	2,85	0	2,12	0
2011-10-03	avläsn 2	11	Zn	mg/kg TS	142	0	157	0	153	0	153	0	140	0	126	0
2011-10-21	avläsn 3	1	TS	%	13,7	0	14,5	0	10,8	0	14,3	0	13,7	0	11,9	0
2011-10-21	avläsn 3	2	As	mg/kg TS	8,39	0	7,31	0	8,85	0	8,23	0	8,02	0	10,3	0
2011-10-21	avläsn 3	3	Cd	mg/kg TS	3,05	0	2,37	0	2,71	0	2,46	0	2,44	0	2,36	0
2011-10-21	avläsn 3	4	Co	mg/kg TS	0,718	0	0,666	0	0,654	0	0,691	0	0,596	0	0,596	0
2011-10-21	avläsn 3	5	Cr	mg/kg TS	0,666	0	0,681	0	0,774	0	0,895	0	0,669	0	0,723	0
2011-10-21	avläsn 3	6	Cu	mg/kg TS	14,3	0	14,3	0	10,1	0	9,99	0	8,35	0	9,87	0
2011-10-21	avläsn 3	7	Hg	mg/kg TS	0,182	0	0,125	0	0,135	0	0,147	0	0,136	0	0,124	0
2011-10-21	avläsn 3	8	Mn	mg/kg TS	8,27	0	10,4	0	9,12	0	9,25	0	9,25	0	7,84	0
2011-10-21	avläsn 3	9	Ni	mg/kg TS	1,5	0	1,43	0	1,37	0	1,81	0	1,41	0	1,44	0
2011-10-21	avläsn 3	10	Pb	mg/kg TS	5,65	0	6,79	0	5,91	0	4,24	0	3,03	0	2,95	0
2011-10-21	avläsn 3	11	Zn	mg/kg TS	130	0	158	0	152	0	153	0	135	0	134	0
2011-11-21	avläsn 4	1	TS	%	12,5	0	12,4	0	11,4	0	11,7	0	11,6	0	12,3	0
2011-11-21	avläsn 4	2	As	mg/kg TS	7,52	0	5,78	0	6,32	0	8,84	0	8,52	0	8,17	0
2011-11-21	avläsn 4	3	Cd	mg/kg TS	4,41	0	3,5	0	2,83	0	3,03	0	2,9	0	2,5	0
2011-11-21	avläsn 4	4	Co	mg/kg TS	0,742	0	0,68	0	0,791	0	0,736	0	0,734	0	0,537	0
2011-11-21	avläsn 4	5	Cr	mg/kg TS	0,79	0	0,549	0	0,509	0	0,693	0	0,765	0	0,583	0
2011-11-21	avläsn 4	6	Cu	mg/kg TS	13,3	0	11,2	0	11,4	0	10,2	0	8,48	0	7,92	0
2011-11-21	avläsn 4	7	Hg	mg/kg TS	0,114	0	0,101	0	0,114	0	0,157	0	0,136	0	0,113	0
2011-11-21	avläsn 4	8	Mn	mg/kg TS	20,5	0	18	0	38,1	0	31,7	0	36,4	0	2,8	0
2011-11-21	avläsn 4	9	Ni	mg/kg TS	1,42	0	1,15	0	1,44	0	1,54	0	1,76	0	1,14	0
2011-11-21	avläsn 4	10	Pb	mg/kg TS	9,1	0	8,5	0	6,78	0	4,48	0	3,72	0	3,15	0
2011-11-21	avläsn 4	11	Zn	mg/kg TS	148	0	162	0	136	0	177	0	128	0	134	0

Kalmar Växjö

391 82 Kalmar  
Tel 0480-446200  
susanna.andersson@lnu.se  
Lnu.se



**Linnéuniversitetet**





