

---

# RAPPORT

---

Stockholm

## Examensarbete

Miljökonsekvenser av varvsarbete med blästring,  
speciellt kopplat till Beckholmen



Bild 1. Blästermedlet OK-grit som leveras i storsäck. Foto: Dick Lyhammar

---

**Kungliga Tekniska Högskolan**  
**Civilingenjörs programmet Bioteknik**

Eleonora Karlsson

## Sammanfattning

Runt om Östersjön finns det varvverksamheter som servar och reparerar fartyg. En sådan verksamhet finns på beckholmen i centrala Stockholm vilket har en lång maritim historia.

Detta examensarbete har utförts i syfte att utreda vilka miljökonsekvenser som varvsarbete med blästring bidrar till vid Östersjön. Arbetet är speciellt kopplat till varvsarbetet vid Beckholmen. Prover har tagits på spolvatten och blästermedel samt att skaktester har utförts på blästermedlet.

Den kommersiella varvsverksamheten Stockholm Repair Yard AB på beckholmen tar emot ca 35-50 fartyg av olika slag per år för underhåll, reparation och renovering. Varvet är en av ca 20 liknande verksamheter i Östersjön vilka alla har en betydelse för att sjötrafiken över Östersjön ska fungera.

Vid Varvet tas fartyg tas in och spolavspolas av med vatten under högttryck. Vattnet rinner undan och pumpas ut från dockan utan rening. Blästring sker efter behov och slutligen målas skrovet om. Blästeravfallet sopas upp med maskiner och tas omhand som farligt avfall tills motsatsen är bevisad.

Fartygens skrov målas för att förhindra påväxt av vattenlevande organismer och för att skydda mot rost. Traditionell färg skyddar genom att konstant läcka låga halter av biocider (vanligen koppar) vilket förhindrar organismer från att leva på ytan (Wiklund A. et al., 2009).

Omfattningen av varvets utsläpp har undersökts genom att prover av blästeravfall och spolvatten har analyserats samt att skaktest har utförts på blästermedel.

Östersjön är ett bräckvatteninnehav som på grund av sitt låga vattenutbyte är extra känslig för ackumulering av näringsämnen och miljögifter (Albalata A. et al., s.165, 2002). Den låga salthalten utsätter organismerna för saltstress som medför en låg biodiversitet och få nyckelarter vilket gör att påverkan av miljögifter har en stor inverkan på hela ekosystemet (Skott Mills L., et al, 1993).

*Fucus vesiculosus* (blåstång) är en av Östersjöns nyckelarter. Den påverkas redan av låga kopparhalter i vattnet på 20 µg/l vid 6 promilles salthalt. Dessa halter kan minska antalet överlevande ägg som arten med 70-80% (Andersson A, Kautsky L, 1995).

Analys av blästeravfall visar att det förekommer alifater, aromater, PAH och metaller i samtliga prover. Av metaller förekom det högst halter av koppar, zink och nickel. Samtliga prover av blästeravfall överskred gränsen för mindre känslig markanvändning för ämnena krom, koppar, kobolt, nickel och zink.

Spolvattenproverna innehöll främst höga halter av koppar och zink. Det ger ett medelutsläpp på 9,4 kg koppar per år från varvets spolarbete samt 3,1 kg zink.

Varvsverksamhetens utsläpp av metaller är tydligt underordnade de utsläpp som i övrigt sker till Östersjön från stadsbebyggelse och industrier. Betydande utsläpp sker dock av koppar, zink och kadmium som påverkar nyckelarter i Östersjön negativt. Problemet bör uppmärksammas och undersökas vidare samt att restriktioner bör övervägas.

---

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

---

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Sammanfattning</b>                                      | <b>2</b>  |
| <b>1 Inledning</b>                                         | <b>5</b>  |
| 1.1 Beckholmens historia                                   | 5         |
| 1.2 Historisk miljöpåverkan                                | 7         |
| 1.3 Planerat åtgärdsprogram för Beckholmen                 | 7         |
| <b>2 Befintlig varvsverksamhet vid Beckholmen</b>          | <b>8</b>  |
| 2.1 Varvsarbete                                            | 8         |
| 2.1.1 Blästermedel                                         | 9         |
| 2.1.2 Bottenfärg till fartyg                               | 11        |
| 2.1.3 Forskning om färg                                    | 11        |
| 2.2 Krav på varvsverksamheter                              | 13        |
| 2.2.1 Arbetsrutiner och krav på andra varv kring Östersjön | 14        |
| <b>3 Utförd provtagning</b>                                | <b>15</b> |
| 3.1 Val av metod                                           | 15        |
| 3.1.1 Provmaterial från Stockholm Repair Yard              | 16        |
| 3.1.2 Insamling av prov från Stockholm Repair Yard AB      | 17        |
| 3.1.3 Lakning genom skaktest med blästermedel              | 18        |
| 3.2 Tidigare studier och provtagning                       | 19        |
| 3.2.1 Tidigare analyser av blästermedel från Beckholmen    | 19        |
| 3.2.2 Dammprov från blästermedel                           | 19        |
| 3.2.3 Studie från Göteborgsvarv                            | 20        |
| 3.2.4 Provtagning inför sanering vid Beckholmen            | 21        |
| <b>4 Resultat av utförda tester</b>                        | <b>21</b> |
| 4.1 Blästermedel                                           | 21        |
| 4.2 Lakvatten från blästermedel                            | 22        |
| 4.3 Spolvatten                                             | 22        |
| <b>5 Riktvärden</b>                                        | <b>23</b> |
| <b>6 Miljöpåverkan</b>                                     | <b>25</b> |
| 6.1 Östersjöns                                             | 25        |
| 6.2 Effekter och trender av metaller i Östersjön           | 25        |
| 6.2.1 Bly                                                  | 26        |
| 6.2.2 Kadmium                                              | 26        |
| 6.2.3 Koppar                                               | 26        |

|          |                         |           |
|----------|-------------------------|-----------|
| 6.2.4    | Zink                    | 27        |
| 6.2.5    | Polyaromatiska kolväten | 27        |
| <b>7</b> | <b>Diskussion</b>       | <b>28</b> |
| <b>8</b> | <b>Slutsats</b>         | <b>33</b> |
| <b>9</b> | <b>Referenser</b>       | <b>34</b> |

## **Bilagor**

Bilaga 1. Analyser av blästermedel

Bilaga 2. Analyser av lakvatten från blästermedel

Bilaga 3. Analys av spolvatten

Bilaga 4. Beräkningar

Bilaga 5. Analysunderlag från Eurofins

## 1 Inledning

Transport av varor är en vital del av samhällsfunktionen och avgångar sker frekvent för att uppfylla våra konsumtionsbehov. Alla transporter innebär även en påverkan till luft, mark och inte minst vattnen. Östersjön är ett hav som frekvent belastas av de fartyg som dygnet runt trafikerar vattnet.

Runt om Östersjön finns varv som servar och reparerar fartyg för att göra transport av varor möjligt. I Stockholm finns ett varv beläget på Beckholmen vilket har en lång maritim historia från 1600-talet. Det finns idag tre utsprängda torrdockor på ön och två av dem används för kommersiellt bruk.

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete som utförts i syfte att utreda miljökonsekvenser som varvsarbete med blästring bidrar till vid Östersjön. Arbetet är speciellt kopplat till varvsarbetet vid Beckholmen där prover på blästermedel och spolvatten tagits samt att skaktester har utförts på blästermedel. Rapporten är baserad på fakta från intervjuer med personer inom branschen samt litteraturstudier. Vid litteraturstudier har vetenskapliga artiklar samt rapporter från kommuner och konsultföretag använts. Fakta har även hämtats från Stockholm Repair Yard AB varvsverksamhet.

Examensarbetet har gjorts som avslutning på Kungliga tekniska högskolans civilingenjörsprogram och omfattar 30 hp med Torkel Berglund som handledare. Arbetet är utfört hos Sweco Environment AB med Christer Egelstig som handlare samt att laborationer är utförda vid IVL Svenska miljöinstitutet AB med handledning av Johan Strandberg och Ann-Sofie Allard.

### 1.1 Beckholmens historia

I centrala Stockholm ligger Djurgården beläget som är en del av Sveriges enda nationalstadspark. Hela parken är ett långsmalt område på 27 km<sup>2</sup> som sträcker sig från Sörentorp i norr och ut till Fjäderholmarna i sydöst. Beckholmen ligger på Djurgårdens sydvästra sida, vilka ingår i Ekoparken. Ön har en stark maritim historia som finns dokumenterad från 1700-talet fram till idag.

År 1633 etablerade Albrecht Schmidt ett becksjuderiverk på Beckholmen. Becket tillverkades genom att trätjära kokades till en trögflytande massa med isolerande egenskaper mot fukt och väta gjorde den till en viktig handelsvara under denna tid.

Redan år 1648 upphörde becksjuderiverksamheten på Beckholmen då Norrländska tjärhandelskompaniet bildades och fick monopol på tjärhandeln. Det gjorde att ön istället brukades som magasin av stadens köpmän med plats för upp emot 30 000 tunnor att lagra samtidigt på ön.

Magasinering av becktunnor fortsatta fram till 1700-talet då Beckholmen fick ingå i Stockholms försvarssystem i och med det blev det besöksförbud på ön för allmänheten. Besöksförbudet upphörde år 1717 då verksamhet med tjära och beck åter togs upp på ön men denna gång av bröderna Grill. De anlade även ett skeppsvarv på ön år 1718 som senare förstördes i en brand 1723.

Verksamheten byggs på nytt upp och fortsätter med flera olika ägare fram till 1847. Under denna tid var det brist på platser där reparation av fartyg kunde ske, vilket gjorde att

kungliga förvaltningen bestämde att det skulle byggas två torrdockor på Beckholmen. Dessa stod klara år 1850. En utökning av varvsverksamheten skedde 1871-74 då dockorna förlängdes och fördjupades. Verksamheten förstördes ytterligare en gång på grund av brand 1873 men en del byggnader räddades och resterande byggdes åter igen upp (Hagman P., 2002).

År 1918 köpte staten Beckholmen och lät anlägga ytterligare en docka för att utöka marinens verksamhet. I avtalet mellan staten och Grosshandlarsocieteten skrivs ett villkor in att dockorna även skulle kunna användas av civila fartyg till normal taxa och i mån av plats. Den nya dockan fick namnet Gustav V:s docka (GV dockan) och stod färdigt 1926 (Hagman P., 2002), se bild 2. Utöver reparationsverksamhet bedrev marinen även radarskola på den östra delen av Beckholmen samt signalistutbildning. Under andra världskriget utökades bergrummen på ön för att också kunna fungera som skyddsrum vid behov (Roth T., 2010).



**Bild 2.** Stockholm Repair Yards torrdocka GV. Foto: Dick Lyhammar

År 1969 flyttades Stockholms örlogsvarv till Muskö (Degerström A., 2010) varvid Finnboda varv tog över samtliga dockor för sin verksamhet. År 1987 bildades Beckholmens dockförening vilka tog över förvaltandet de två äldsta och mindre dockorna (Hagman P., 2002).

Finnboda varv gick i konkurs 1991 och GV Varv AB startar en ny varvsverksamhet med främst den stora GV-dockan som bas men övertar även den östra dockan år 1998 (Hagman P., 2002). Idag har GV varv AB bytt namn till Stockholm Repair Yard AB och de använder den stora GV-dockan med måtten 198x 25 meter samt området näst största docka (Östra) som har måtten 102 x 16,5 meter. Den minsta västra dockan används än idag av Beckholmens dockförening och har måtten är 99 x 16,5 meter (Söderberg E., 2010).

---

Ön ägs av Kungliga Djurgårdens förvaltning som är hyresvärd åt de hyresfastigheter som finns på ön. Majoriteten av bostadshusen är belägna på den centrala delen av ön som benämns grönytan (Egelstig C., 2010).

## 1.2 Historisk miljöpåverkan

Den industriella verksamheten på ön har lämnat stora spår efter sig vilket gör att Beckholmen idag en av landets mest förorenade platser. En huvudstudie om Beckholmens föroreningsituation gjordes av Structor 2004-2005 och komplimenterande utredningar gjordes av Sweco Environment AB 2010. De senare står även står även för öns kommande sanering (Egelstig C., s. 47, 2010).

Vid provtagning påträffades höga halter av cancerogena polyaromatiska kolväten (PAH) i form av tjära som sannolikt kommer av den tjärhantering som varit på ön mellan 1633 och 1894. Öns varvsverksamhet kan även ha bidragit till spridning av PAH på området i form av spill av olja och färgrester. Rester av PAH kan också komma av de olika bränder som varit på ön genom historien (Egelstig C., s.47 2010).

De analyser som gjorts påvisade även höga halter av metaller främst på den del av ön där det idag är varvsverksamhet. Bland annat påvisades höga halter av bly, kvicksilver, koppar och zink. Halterna återfinns främst i finmaterial som förekommer över och mellan sprängstenen som fyllt ut ön i västlig riktning efter att man sprängt ur dockorna. Troligast är att massorna av finmaterial till stor del restprodukter från tidigare varvsverksamhet vilket man gjort sig av med genom att använda det som utfyllnad. Detta stämmer även överens med de ämnen som tidigare förekom i båtbottnfärg (Egelstig C., s 48-49, 2010).

Förekomst av olja är på ön relativt låg, men fraktioner av tyngre alifater och aromater har påvisats i lokala oljefickor. Anledningen till att lättare fraktioner inte påträffats i sådana fickor kan vara för att de har hunnits brytas ner sedan föroreningen skedde. Ursprung till oljeföroreningen är okänd men kan bero på någon form av spill alternativt dumpning.

Vidare finns det på den centrala delen av ön, grönytan, höga halter av metaller. Dessa har som troligtvis har tillkommit genom damm från varvsverksamhet t.ex. genom blåstring, men kan även ha tillkommit till grönytan genom luftföroreningar från båttrafik utanför ön eller från stadsbebyggelsen på Södermalm. Det förekommer även PAH under hus på grönytan (Egelstig C., s. 51, 2010).

## 1.3 Planerat åtgärdsprogram för Beckholmen

Åtgärdsprogrammet för Beckholmen är planerat att påbörjas våren 2011 vilket innebär att förorenade massor över Saltsjöns nivå som har halter överstigande Naturvårdsverkets generella riktvärden för mindre känsligt markanvändning (MKM) kommer att schaktas bort. Detta kommer att ske på större delen av ön med undantag för grönytan där risk att förstöra kulturvärden i form av hus och skyddsvärd vegetation tas hänsyn till genom att varsammare sanering kommer att utföras (Egelstig C., s.50, 2010).

Öns yta, med undantag för de centrala gröna områdena, ska tätgöras med asfalt för att minska vattengenomströmningar. Vidare ska ett dagvattensystem installeras över hela området för att med hjälp av filter kunna minska spridning av föroreningar (Egelstig C., s.50, 2010).

## 2 Befintlig varvsverksamhet vid Beckholmen

Den kommersiella varvsverksamheten Stockholm Repair Yard AB tar emot ca 35-50 fartyg av olika slag per år för underhåll, reparation och renovering.

Bland kunderna till varvet finns allt från stora torrlastare till vägfärjor och passagerarbåtar. Verksamheten har en jourmottagning som kan ta emot akuta haverister för reparation.

Varvet är en av ca 20 liknande verksamheter i Östersjön vilka alla har en betydelse för att sjötrafiken över Östersjön ska fungera. Fartyg behöver både tas

in med jämna mellanrum för inspektion och reparation samt ibland även för akut reparation i samband med olyckor (E. Söderberg 2010). Att reparera akuta haverister är en viktig funktion för att varor med båtfrakter ska kunna leveras i tid samt för att minimera den miljöpåverkan som en haverist kan medföra.

Sjöfarten står för nästan 90 % av all transport inom Europa och upp emot 80 % av den totala vikt som fraktas in och ut från USA. Transport på fartyg har en relativt låg energikonsumtion relativt den mängd som fraktas vilket gör den till ett mindre miljöbelastande transportsätt jämfört med t.ex. lastbilar (Duus U., 2007).

### 2.1 Varvsarbete

När ett fartyg kommer in på reparation till varvet är dockan alltid från början tom. Arbetet börjar med att kölblock (se bild 3) ställs ut efter ett mönster, dockningsplanen, som är individuell för varje fartyg. Efter det vattenfylls dockan, porten öppnas och fartyget körs in, varvid porten kan stängas och vattnet pumpas ut medan fartyget hålls i rätt position över kölblocken. När dockan är tom tvättas skrovet med högtryckstvätt på 300-500 bar vilket gör att påväxt och till viss del även gammal färg lossnar. Vattnet rinner ner i rännor som finns runt hela dockans botten intill väggarna och pumpas sedan ut från dockan när nivån stigit tillräckligt mycket i uppsamlingsbassängen. Vattnet går för närvarande utan rening ut i vattnet utanför ön (Söderberg E., 2010).



**Bild 3.** Fartyg i torrdocka uppställt enligt dockningsplanen på kölblock. Foto: Dick Lyhammar.



När skrovet är tvättat inventeras botten för att avgöra vilken omfattning blästring och målning behöver ske. Med blästring menas att högtrycks sker med blästermedel som effektivt sliter bort färgrester från ytan och lämna efter sig en yta som ny färg fäster bra på. Stockholm Repair Yard använder sig av blästermedlet OK-grit, se stycke 2.1.1, vilket är ett svart granulat från nickelsmältning. Vid normal blästring är åtgången blästermedel omkring 20 kg/m<sup>2</sup> och vid mildrare blästring då ytan endast sveps är åtgången ca 5 kg/m<sup>2</sup>. I vissa fall finns det endast behov av att blästring sker fläckvis (Adevik M., 2010).

Beroende på väder och metod för blästring kommer arbetet damma olika mycket och den största andelen blästermedel kommer slutligen att hamna på dockans botten. För att minska mängden damm under arbetet hängs ofta finmaskigt nät upp som avgränsar dockan om fartyget inte tar upp hela längden av dockan. Det finns inget nät som hindrar damm från att gå uppåt.

När blästringsarbetet är färdigt sopas blästermedlet upp med hjälp av en sopmaskin och tas upp från dockan i containrar för att sedan gå till deponi. Viss andel blästermedel blir kvar på den gjutna botten då det förekommer ytliga sprickor i betongen samt att sopmaskinen har svårt att komma åt mellan kölblock och under skrovet, se bild 4.

Efter blästringen bearbetas ytan med färg som får torka medan dockan städas upp från maskiner och verktyg. När arbetet är klart vattenfylls dockan, porten kan öppnas och fartyget körs ut igen.



**Bild 4.** GV dockans betongbotten efter sopning. Foto: Dick Lyhammar.

#### 2.1.1 Blästermedel

Ett vanligt blästermedel vid blästring av metallskrov är OK-Grit som är en restprodukt från nickelsmältning, se bild 1. Blästermedlet är ett svart granulat där nickel och kobolt är oxidbundna. Medlet finns sorterade i fem fraktioner mellan 0-2,5 mm och leveras i 1000kg säckar. Lakningsegenskaper hos medlet har utretts med metoden NT ENVIR003 (Availability test) enligt leverantören Stenungsunds industrisand AB finns angivna i tabell

1. Resultatet lakvattenanalyserna visar på att metaller som finns i oanvänt blästermedel är bundna som silikater vilket innebär att de är stabila och svåra att laka ut.

**Tabell 1.** Lakningsegenskaper och metallmängd i OK-grit blästermedel. Källa: Stenungsunds Industrisand AB

| Ämne    | Utlakad mängd<br>[mg/kg] | Kemisk analys ren produkt<br>[%] |
|---------|--------------------------|----------------------------------|
| Arsenik | <0,2                     | 0,0047                           |
| Kadmium | 0,0176                   | 0,005                            |
| Kobolt  | 16,46                    | 0,129                            |
| Krom    | 0,7357                   | 0,0587                           |
| Koppar  | 27,74                    | 0,0984                           |
| Mangan  | 6,311                    | 0,0432                           |
| Nickel  | 124,2                    | 0,2                              |
| Bly     | 0,804                    | 0,0028                           |
| Tenn    | <0,01                    | 0,00237                          |
| Zink    | 10,61                    | 0,0279                           |
| Järn    | 1934                     | -                                |

Vid Stockholm Repair Yard används årligen ca 140 ton OK-grit för blästringsarbeten med kornstorleken 0,2-1,6 mm, se tabell 2. Efter användning skickas blästeravfallet till Ragn-Sells Specialavfall AB. Mängden som årligen går till deponi varierar kraftigt och beror av hur mycket som ligger mellanlagrat i väntan på transport till deponi.

År 2008/2009 renoverades GV dockans rännor och länsgröp på blästermedel, åtgärder som generade ca 48 ton oljeindränkt sand. Detta gjorde att mängden deponerat avfall 2008 blev extremt mycket högre än inköpta kvantiteter.

**Tabell 2.** Mängd inköpt och deponerat blästermedel vid Stockholm Repair Yard åren 2005-2009.

| År   | Inköpt, ton | Deponering, ton |
|------|-------------|-----------------|
| 2005 | 126         | 114             |
| 2006 | 126         | 134             |
| 2007 | 117         | 55              |
| 2008 | 153         | 390             |
| 2009 | 168         | 104             |

### 2.1.2 Bottenfärg till fartyg

Fartygens skrov målas för att förhindra påväxt av vattenlevande organismer och för att skydda mot rost. När skrovets yta får ett påväxt lager ökar vattenmotståndet vilket sänker hastigheten. För att upprätthålla samma hastighet får fartyget en förhöjd bränsleförbrukning. Traditionell färg skyddar genom att konstant läcka låga halter av biocider vilket förhindrar organismer från att leva på ytan (Wiklund A. et al., 2009).

En av de vanligaste färgtillverkarna International beräknade 2003 att det förbrukas omkring 80 000 ton påväxtskyddande färg per år vilka innehåller ca 40-55 % biocider av olika slag. Färgens funktion har stor inverkan på fartygets bränsleförbrukning och en ökad ojämnheter i skrovets yta på ca 0,025mm beräknas ge en minskning av hastighet med ca 1 % (Duus U., 2007).

I Sverige är det vanligast att koppar används i olika former av komplex som verksamt ämnet för att förhindra påväxt. Andra ämnen förekommer också som biocid i antifouling bland annat zink i form av zinkpyrit, se tabell 3. Färger som används måste först godkännas av kemikalieinspektionen.

Historiskt sett har många toxiska substanser används som skydd mot påväxt på skroven. Några av dessa som är beck, tjära, bly och tenn. Idag är tennföreningar förbjudna att använda i färg på båtar som körs i Östersjön.

Det finns även färg utan biocider idag. Dessa har istället fysiska egenskaper som ger skrovet en glatt yta vilket vattenlevande organismer har svårt att fästa vid (Karlsson J. et al., 2010).

Fartygens yta under vattenlinjen målas antingen med ett enkomponentsprogram eller med ett mer avancerat program med tre lager. Enkomponentprogrammet består av ett lager av rostskyddsfärg och sedan ett lager av antifouling. Antifouling innehåller biocider och har på så vis påväxthämmande egenskaper. Det mer avancerade programmet består av först ett lager tjock epoxifärg som antingen är baserad på lösningsmedel eller lösningsmedelsfri. Efter det målas ett lager som fungerar som lim för att kunna fästa det sista lagret med antifouling.

Enkomponentprogrammet har lägre kostnad i form av material- och tidsåtgång eftersom det inte kräver något förarbete i form av blästring. Livslängden för ett enkomponentprogram är omkring en säsong medan de mera avancerade programmen håller i 3-5 år (Söderberg E., 2010).

### 2.1.3 Forskning om färg

Det finns olika krav på innehåll i färgen för båtar över och under 12 meter i Östersjön. Båtar under 12 meter är sedan 1998 inte tillåtna att använda färg som innehåller koppar. Det är däremot tillåtet att använda zink som bind- eller pigmentsubstans och färgen kallas biocidfri. Anledningen till att mindre båtar har andra krav är för att dessa oftast är fritidsbåtar som körs nära land där de känsligaste ekosystemen finns medan större fartyg

är gjorda för att köra på öppet vatten där det naturligt inte förekommer lika mycket liv (Ytreberg E. et al, s.2459, 2009).

Färg som får användas till båtar över 12 meter läcker mer koppar än vad färg för båtar under 12 meter. Färg till båtar under 12 meter är biocidfria men läcker mer zink (4,4–8,2 µgcm-1d-1) än vad färg med biocider i gör (3 µgcm-1d-1). Innehållet av zinkoxider är mycket högre hos biocidfria färger. Biocidfria färger innehåller omkring 25-50% zinkoxider medan färg till större fartyg innehåller omkring 2,5–25 % zinkoxider (Ytreberg E. et al, s.2460-66, 2009).

Färg avsedd för yrkestrafik läcker mer koppar än vad färg till fritidsbåtar gör och under bräckta förhållanden gör den lägre salthalt läckage av koppar minskar. Färg till fritidsbruk läcker mer zink än färg avsedd för professionellt bruk, ca 2-12 gånger mer (Ytreberg E. et al, s. 2466, 2009).

Halter av zink i haven anses öka över hela världen och i Stockholms skärgård uppmäts bakgrundshalter på ca 20 µg/l. Dessa halter har ansetts tidigare i största utsträckning kommit från offeranoder av zink och att läckage från färg endast stått för 1,1 % av det totala utsläppet zink. Då zink som läckt från färg endast har beräknats från färg baserat på biociden zinkpyrition vilket står för en väldigt liten del av färgtillverkningen, se tabell 3, är det inte konstigt att denna siffra är låg. Studier visar att biocidfria färger läcker mycket mer zink än vad färg baserade på biocider gör (Ytreberg E. et al, s. 2465, et al, 2009).

En studie vid Stockholms universitet har undersökt sex biocidfria färger och kommit fram till att fem av sex var toxiska mot vattenlevande organismer. Testen utfördes på makroalgerna *Ceramium tenuicorne* och *Ceramium strictum*. Trots att ingen av färgerna innehöll några biocider gav läckage från de fem färgerna tillväxthämmande effekter hos algerna. Det användes en idag icke godkänd färg som referens i försöket vilket var ännu tillväxthämmande mot algerna. Den enda färg som inte gav några effekter på algerna var baserad på silikon (Karlsson J., Eklund B., s. 462, 2004).

Vid västkusten har test utförts på nio färgsorter som utvecklats för att vara mindre miljöbelastande och dessa har jämförts med en idag icke godkänd färg som referens. Färgerna testades på 100 provytor. Tre av färgerna var helt biocidfria och sex innehöll någon form av biocid. Resultatet visade att tre av de färger med biocidinnehåll gav ett lika tillfredställande resultat som referensen och ska enligt tillverkaren läcka 65-75 % mindre koppar än tidigare sorter. Övriga färger med biocidinnehåll gav en lägre skyddsverkan än referensen. Två av biocidfria färgerna gav ett mycket lägre resultat än alla andra prover medan den sista biocidfria påvisade god effekt på vissa ytor. Vid stickprov påvisades att samma biocidfria färg innehöll 10 % klortalonil som är ett cancerogent ämne med toxiska egenskaper mot vattenlevande organismer (Ahlbom J, Duus U., s. 5 1999).

**Tabell 3.** Försålda kvantiteter i Sverige av verksamt ämne i antifoulingfärg, källa: kemikalieinspektionen

| Verksamt ämne                                                 | Sålt kvantitet, 2007<br>[ton] |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Koppar(I)oxid                                                 | 134                           |
| Koppartiocyant                                                | 10,4                          |
| Kopparpyrit                                                   | 1,4                           |
| Kopparpulver                                                  | 1,2                           |
| Zinkpyrit                                                     | 1                             |
| 2-tert-Butylamino-4-cyklopropylamino-6-metyltio-1,3,5-triazin | 1                             |

## 2.2 Krav på varvsverksamheter

Skeppsvarv i Sverige är anmälningspliktiga till Miljöförvaltningen om de har en blästerverksamhet. Blästeravfallet måste samlas upp och förvaras så att det inte utsätts för regn och snö i väntan på transport till avfallsanläggning. Det använda blästermedlet måste analyseras och innan motsatsen är bevisad klassas den som farligt avfall (Westman A., 2010).

Varven har inga krav på att rena sitt spolvatten i dagsläget och det släpps ut orenat till recipient. Andra industrier har vanligen sitt spillvatten kopplat till avloppsnätet där det renas hos ett reningsverk innan det släpps ut. Stockholm Vatten AB har några parametrar med varningsvärden som inte får överstigas för att kunna ta emot avloppsvattnet från industrier, se tabell 4 (Westman A., 2010). Dessa gränser finns för att reningsverkens biologiska reningssteg är känsligt mot förhöjda halter av främst metaller. Bakterier och andra mikroorganismer i reningsprocessen slås ut om för höga halter av metaller kommer in, vilket i sin tur medför att reduktionen av framför allt kväve, men även fosfor påverkas. Sådana störningar kan ta veckor att återställa (Magnusson C., 2011).

**Tabell 4.** Varningsvärden för företag för att inte störa reningsverkens reningsprocess. Källa: Råd och regler, Stockholm vatten 2000.

| Parameter                                   | Varningsvärde<br>[mg/l]              |
|---------------------------------------------|--------------------------------------|
| Bly                                         | 0,05                                 |
| Kadmium                                     | Får ej förekomma i detekterbar mängd |
| Koppar                                      | 0,2                                  |
| Krom                                        | 0,05                                 |
| Kviksilver                                  | Får ej förekomma i detekterbar mängd |
| Nickel                                      | 0,05                                 |
| Silver                                      | 0,05                                 |
| Zink                                        | 0,2                                  |
| Miljöfarliga organiska ämnen                | Bör ej förekomma                     |
| Cyanid total                                | 0,5                                  |
| Opolära alifatiska kolväten ("mineralolja") | 50                                   |

## 2.2.1 Arbetsrutiner och krav på andra varv kring Östersjön

### *Oskarshamns varv*

Oskarshamnsvarvet tar emot 20-50 fartyg per år och förfogar över en flytdocka. Vid spolarbete släpps vattnet ut från dockan utan rening. Blåstringsarbeten sker med OK-grit som sopas upp manuellt och med hjälp av industridammsugare. Blåstringen görs i två omgångar för att separera det yttersta skiktet som förväntas innehålla högre halter antifouling från övriga färglager. Blåstringsmaterialet från den första omgången behandlas som miljöfarligt avfall medan det som genereras under omgång två går till deponi. Vid arbetet har personalen skyddsdräkter som rengörs vid behov. Vid stark vind används ett finmaskigt nät för att minska mängden blästerdamm som blåser iväg (Törnemyr J., 2010).

### *Danmark*

Fayard är ett av tre stora varv i Danmark som får in ca 120 fartyg per år som spolas, repareras eller renoveras. Danska varv har krav från kommunerna på vilka halter som utgående processvatten får innehålla. Kraven varierar beroende på vilken kommun varvet ligger i. Fayard får sina krav från Kerteminde kommun och får ha en maximal mängd processavloppsvatten på 20,000 m<sup>3</sup> per år samt har ett antal gränsvärden att ta hänsyn till, se tabell 5.

Fartygen högtryckstvättas med rent vatten med ca 500 bar. Blästerarbete utförs sedan beroende på hur mycket färg som är kvar efter tvättningen samt vilken sorts färgprogram som ska användas. Spolvattnet går från dockorna och till tre cirkulära sedimenteringsbassänger som är tio meter i diameter och rymmer 255 m<sup>3</sup> vardera. I dessa går vattnet in på ena sidan och tappas ut på motsatt sida för att sedan passera ett filter innan det slutligen leds till det kommunala reningsverket. Bassängerna muddras med hjälp av en slamsug ca tre gånger per år och massorna går till en avfallsanläggning.

Blåstringsarbete utförs med OK-grit men bara vid svag vind för att undvika spridning av blästeravfall till omgivningen. År 2012 kommer sandblåstring att förbjudas i Danmark och ersättas med hård vattenblåstring på 2500-3000 bar vilket är dyrt men ger mindre föroreningar till närliggande miljö (J. Feddersen, 2010).

**Tabell 5.** Gränsvärden som Kerteminde kommun har satt upp för att Fayards vatten ska få släppas till det kommunala reningsverket. Alla halter i mg/liter.

| Parametrar | Gränsvärde |
|------------|------------|
| Krom       | 0,3        |
| Zink       | 3          |
| Nickel     | 0,25       |
| Bly        | 0,1        |
| Koppar     | 0,5        |
| Ten        | 0,006      |
| Kadmium    | 0,003      |

## Polen

Remontowas är ett polskt varv beläget i Gdańska som tar emot 150-200 fartyg per år. Deras spolvatten samlas upp i tankar på mellan 50-400m<sup>3</sup> belägna vid dockorna. I dessa kontrolleras föroreningsgrad i vattnet innan det släpps ut i en närliggande kanal. Utsläppskraven för vatten till kanalen redovisas i tabell 6.

Blåstringarbete utförs med kopparslagg som samlas upp med mindre maskiner. Arbetet med blåstring är begränsat till att utföras kvälls- och nattetid mellan klockan 18.00 och 06.00 för att undvika att störa omgivningen med damm (M. Madrala, 2010).

**Tabell 6.** Remontowas utsläppskrav för vatten som använts till spolning av skrov. Källa M. Madrala, 2010.

| Parameter | enhet | Tillåtet värde |
|-----------|-------|----------------|
| pH        | mg/l  | 6,5-9          |
| Järn      | mg/l  | 10             |
| Zink      | mg/l  | 2              |
| Krom      | mg/l  | 0,5            |
| Koppar    | mg/l  | 0,5            |
| Nickel    | mg/l  | 0,5            |
| Bly       | mg/l  | 0,5            |

## 3 Utförd provtagning

### 3.1 Val av metod

När riskbedömningar görs för ett förorenat område bedömer man dels hälso- och miljörisker vid vistelse på området samt risken för att föroreningar ska lakas ur och spridas från platsen (Naturvårdsverket, rapport 5535).

Genom lakteter går det att avgöra hur lösligt ett ämne är i vattnet. Om ett fast material påverkas av att ett vattenflöde från regn, grundvatten eller då materialet ligger som sediment på botten kommer ämnen med tiden att joniseras vilket möjliggör transport bort med vattnen. På så vis sprids t.ex. metaller eller andra ämnen som finns i materialet (Naturvårdsverket, rapport 5207-1). Joniserade ämnen kan lättare tas upp av organismer och i vissa fall även bioackumuleras uppåt i näringskedjan.

Det finns olika metoder för att simulera ett ämnes lakegenskaper bland vilka perkolationstest, skaktest och diffusionstest är vanligt förekommande.

Vid ett perkolationstest simuleras den naturliga lakningen genom att ett representativt prov tas, som sedan packas i en kolonn där vatten pumpas upp underifrån, vilket gör att det långsamt passerar materialet med en viss hastighet och under en bestämd tid. Metoden lämpar sig bra till oorganiska avfall som kan krossas till en partikelstorlek mindre än 4 mm. Exempel på avfall är blästermedel, bottenaska och slagg. Tidsåtgången är en till två månader för att utföra testet (Naturvårdsverket rapport 5535, s. 62).

Vid skaktest skakas provet med en viss mängd vatten i ett eller flera steg för att avgöra hur mycket som lakas ut från provet på medellång sikt. Skakningen sker i en skonsam form där provflaskorna vänds i en vändapparat kontinuerligt under 6-24 timmar vilket omöjliggör sedimentering under testets gång. Även denna metod lämpar sig bra till oorganiskt avfall som kan krossas till en partikelstorlek mindre än 4 mm. Den totala tidsåtgången för att utföra skaktester inklusive kemiska analyser är omkring två veckor. Då tidsåtgången för skaktestet är avsevärt kortare än för perkolationstest är skaktest mer kostnadseffektivt (Naturvårdsverket rapport 5535, s. 65).

Vid diffusionstest undersöks ytutlakningen genom att en kropp av provmaterialet sänks ner i lakvatten under två månader. Lakvattnet byts sedan ut och analyseras vid bestämda tidpunkter. Denna metod är anpassad för monolitiska och mycket täta material där det är möjligt att tillverka en provkropp. En variant av diffusionstest finns även att tillgå för granulära material genom att ett skikt av prov läggs på botten av behållare. Skiktet prov täcks av ett lager glaskulor som förhindrar vattenströmningar och behållaren fylls med lakvatten. Ämnen som diffunderar från provet tar sig genom lagret glaskulor och kan påvisas i lakvattnet vid analys (Naturvårdsverket rapport 5535, s. 68).

### 3.1.1 Provmaterial från Stockholm Repair Yard

Blästeravfall från varv är ett granulärt material som understiger 4 mm alternativt kan malas till önskad fraktion. Studien gjordes för att ta reda på halter i den mängd blästeravfall som inte sopas upp ur dockan efter avslutat blästerarbete och som sedan spolas ut när portarna öppnas och dockan fylls med vatten. Mängden blästermedel som spolas ut från dockan är svår att beräkna då det inte finns ett jämnt lager blästeravfall kvar på dockans botten, vilken dessutom har en del sprickor där det fastnar mer avfall än på plana ytor. Blästeravfallet kommer även att väga mer efter blästringen då färgrester blandas upp med det samt att en del dammar upp i luften under arbetet. Detta gör att utspolad mängd inte kan beräknas genom skillnaden mellan mängden oanvänt blästermedel och upptagen mängd blästeravfall från botten. Majoriteten blästeravfall samlas upp med hjälp av sopmaskin men metoden lämnar kvar avfall kring kölblocken och i springor som finns i botten på dockan, se figur 1. Om mängden blästermedel som inte sopas upp grovt uppskattas till  $10 \text{ g/m}^3$  ger det ett beräknat utsläpp av blästermedel från båda dockorna på ca 3,3 ton årligen.

Blästeravfall som spolats ut från dockorna kommer det vara helt täckt av vatten samt fortfarande vara ett granulärt material som troligast sedimenterar relativt snart efter utsläppet då blästermedlet har en högre densitet än vatten. Detta gör att diffusionstest inte är lämpligt för att ta reda på lakbarheten hos blästeravfallet som spolas ut. Både perkolationstest och skaktest bör emellertid lämpa sig bra då dessa är till för granulära material mindre än 4 mm.

Då tidsåtgången för skaktest var av hanterbar längd samt kostnaden inrymdes i studiens budget valdes skaktest för att analysera proverna.



### 3.1.2 Insamling av prov från Stockholm Repair Yard AB

Provtagning av blästermedel och spolvatten gjordes vid Stockholm Repair Yard AB. Sex prover togs på blästermedel samt spolvatten på totalt åtta olika fartyg, tabell 7 för specifikation av fartyg.

Spolvatten samlades upp under pågående spolning genom att en plastback ställdes mitt under skrovet där merparten av vattnet rann ner. Innan provet tappades över på 100 ml plastflaskor blandades det om för att partikulärt material skulle hindras från att sedimentera och därmed inte komma med i rätt mängd. Provet förvarades sedan i kylskåp till dess att det skickades för analys hos eurofins.



**Bild 5.** Spolvattenprov i plastflaska och blästermedlet i påse uppställda på ett kölblock i GV dockan.  
Foto: Dick Lyhammar.

Proverna på blästermedel samlades upp efter att blästerarbetet avslutats och togs upp med skyffel under skrovet (så att det inte utsatts för regn) och hölls i rena plastsäckar som förslöts med gummisnoddar. Ca två till fyra kilo prov togs från varje fartyg. Det togs även ett prov på oanvänt blästermedel.

Fedde Henrika var tidigare målad med en rostskyddsfärg som var baserad på tjära och järnpigment antifouling var okänd. Tvee Gebroders var målad med en epoxi baserad på tjära och de andra lagren var okända.

Ett mindre prov på ca 150 g från varje säck lades i en plastpåse och förslöts, se bild 5. Dessa skickades för analys hos Eurofins medan resterande prov transporterades till IVL Svenska miljöinstitutet där skaktester genomfördes.

**Tabell 7.** Specifikation över provtagna fartyg.

| Namn           | Typ av fartyg | Ålder | Tid sedan torrläggning senast | Senaste lagret färg + innehåll            | nymålad med    | Längd [m] |
|----------------|---------------|-------|-------------------------------|-------------------------------------------|----------------|-----------|
| Castella       | Vägfärja      | 30    | 3 år                          | seaguardian                               | seaguardian    | 66        |
| Fedde Henrika  | Kontor        | 80    | 10 år                         | Okänt och Intertuf. Bindemedel tjära      | Interspeed 617 | 24        |
| Twée Gebroders | Bostadsbåt    | 80    | 10 år                         | Tjärepox, okänd antifouling               | Interspeed 617 | 23        |
| Aphrodite III  | Passagerarbåt | 30    | 2 år                          | Interspeed 617, Fler lager, kopparpigment | Interspeed 617 | 26        |
| Aphrodite IV   | Passagerarbåt | 30    | 3 år                          | Okänd.                                    | Interspeed 617 | 23        |
| Victoria       | Bogserbåt     | 30    | 3 år                          | inerta 160                                | inerta 160     | 32        |
| Mariefred      | Skärgårdsbåt  | 100   | 3 år                          | Interspeed 617                            | Interspeed 617 | 40        |
| Drottningholm  | Skärgårdsbåt  | 100   | 3 år                          | Interspeed 617                            | Interspeed 617 | 30        |

### 3.1.3 Lakning genom skaktest med blästermedel

Skaktestet utfördes enligt ISO TS 21268-1 (Soli quality –leaching procedures for subsequent chemical and ecotoxicological testing of soil and soil materials) med några undantag för att anpassa testet till tillgänglig utrustning samt göra resultatet jämförbara med tidigare lakningsförsök vid Beckholmen.

Det användes avjoniserat vatten istället för 0,001 M CaCa<sub>2</sub> lösning vid lakningen och testet beräknades och utfördes med L/S (liquid/solid kvot) tio istället för två.

Hos IVL torkades inledningsvis en mindre mängd prov för att beräkna torrsubstans halten i proverna. Prov och avjonat vatten vägdes in i proportionerna 1:10 i 1 l glasflaskor som sattes att snurra i en "over end tumbler" (vändapparat) i 24 timmar. Därefter stod flaskorna plant i 1-1,5h för att sedimentera och vätskefasen hölls av till två mindre plaströr som centrifugerades. Efter andra centrifugeringen togs vätskefasen av ytterligare en gång och fördelades på 2x100ml analysflaskor samt ett analysrör av glas. Analysflaskorna med lakvattnet sändes till Eurofins för två olika metallanalyser. Den ena analysflaskan filterades innan analys utfördes medan det andra provet analyserades ofiltrerat. Filtringen utfördes av Eurofins lab.

## 3.2 Tidigare studier och provtagning

### 3.2.1 Tidigare analyser av blästermedel från Beckholmen

I samband med Beckholmens omfattande provtagning som utfördes av Sweco Environment analyserades ett prov med blästermedel, ett prov med blästeravfall samt ett prov från botten av den sedimenteringsbassäng som finns i anslutning till GV dockan. Resultatet visade på höga halter över gränsen för farligt avfall för kobolt i alla tre prover samt för koppar i prov från blästeravfallet, se tabell 8 (Ekberg N., Holmkvist P., 2010).

**Tabell 8** Resultat av analyserat blästermedel vid provtagning utförd av Sweco Environment 2010. Alla halter i mg/kg TS.

| Ämne    | Förbrukat blästermedel | Prov från sedimenteringsbassängens botten | Oanvänt blästermedel |
|---------|------------------------|-------------------------------------------|----------------------|
| Bly     | 329                    | 112                                       | 10,4                 |
| Kadmium | 0,152                  | 0                                         | 0,978                |
| Kobolt  | 722                    | 656                                       | 482                  |
| Koppar  | 2670                   | 2210                                      | 855                  |
| Krom    | 291                    | 273                                       | 321                  |
| Nickel  | 795                    | 732                                       | 1020                 |
| Vanadin | 12,1                   | 10,4                                      | 15,4                 |
| zink    | 1160                   | 796                                       | 112                  |

### 3.2.2 Dammprov från blästermedel

Under mars 2010 färgades snön vid marknivån när blästringsarbete utfördes vid östra dockan på Beckholmen. En m<sup>2</sup> av det övre skiktet på snön samlades in och togs till analys hos Sweco Geolab. Provet innehöll höga halter av alifater, aromater, PAH och tungmetaller som i många fall översteg Naturvårdsverkets riktvärden för mindre känslig markanvändning (MKM) och känslig markanvändning (KM), se tabell 9.

**Tabell 9.** Analysresultat från blästerdamm. Rödamarkerade värden överstiger MKM och KM medan gulmarkerade värden överstiger KM. Alla halter i mg/kg TS.

| Ämne    | Resultat | MKM | KM  |
|---------|----------|-----|-----|
| PAH-L   | 9        | 15  | 3   |
| PAH-M   | 28       | 20  | 3   |
| PAH-H   | 31       | 10  | 1   |
| Arsenik | <5       | 25  | 10  |
| Bly     | 1200     | 400 | 50  |
| Kadmium | 5        | 15  | 0,5 |
| Kobolt  | 1200     | 35  | 15  |
| Koppar  | 290000   | 200 | 80  |
| Krom    | 550      | 150 | 80  |
| Nickel  | 1400     | 120 | 40  |
| Vanadin | 26       | 200 | 100 |
| Zink    | 14000    | 500 | 250 |

### 3.2.3 Studie från Göteborgsvarv

Föreningen Svenska Varv utredde år 2007 utsläpp av spolvatten från två varv på västkusten i studien "krav på utredningar gällande rening av spolvatten från skeppsvarv i Göteborgs kommun". Studien gjordes av WSP och grunden för den var ett krav från Miljöförvaltningen om att utsläppshalter i renat spolvatten bör understiga utsläppshalterna enligt Naturvårdsverkets rapport 4913 "Bedömningsgrunder- sjöar och vattendrag". Riktvärdena samt uppmätta halter föroreningar finns i tabell 10. Röd bakgrund påvisar att riktvärdet är överstiget.

**Tabell 10.** Riktvärden för utsläpp av spolvatten samt uppmätta halter vid Gotenius varv och Cityvarvet. Alla halter i mg/l.

| Parameter | Riktvärde | Gotenius, | Cityvarvet, |
|-----------|-----------|-----------|-------------|
| Krom      | 0,015     | 0,002     | 0,095       |
| Kadmium   | 0,0003    | 0,0001    | 0,0018      |
| Bly       | 0,003     | 0,0024    | 0,57        |
| Koppar    | 0,009     | 0,2555    | 245         |
| Tenn      | 0,00002   | 0,009     | 0,99        |
| Zink      | 0,06      | 0,34      | 42          |
| Nickel    | 0,045     | 0,0015    | 0,25        |

Vid Gotenius varv togs prover av spolvatten på det som ansetts som mest påverkat i en brunn. Resultatet i tabell 11 är beräknat på tre stycken mätningar och under antagande att den årliga vattenförbrukningen är 200m<sup>3</sup>.

Cityvarvet har tagit prover under pågående tvättning vid fartygets köl. Den årliga vattenförbrukningen är beräknad till 1000m<sup>3</sup>.

**Tabell 11.** Beräknad mängd årligen utsläpp av metaller från spolvatten vid två varv. Alla värden i kg/år.

| Ämne    | Gotenius | Cityvarvet |
|---------|----------|------------|
| Bly     | 0,00048  | 0,57       |
| Kadmium | 0,00002  | 0,00178    |
| Koppar  | 0,0511   | 188        |
| Krom    | 0,0004   | 0,0952     |
| Nickel  | 0,0003   | 0,247      |
| Zink    | 0,068    | 42         |

Slutsatsen från "krav på utredningar gällande rening av spolvatten från skeppsvarv i Göteborgs kommun" är att urlakning av gifter från bottenfärg förekommer i alla vatten där båtar används och att verksamheter som har många fartyg samlade har svårt att undvika utsläpp av metaller. Då provtagning av spolvatten har skett på olika sätt samt endast ett

fåtal prover har tagits bör resultatet emellertid endast ses som en indikation. Bedömningen av studiens resultat är att utsläpp av spolvatten efter utspädning inte utgör någon märkbar föroreningskälla då de uppmätta mängderna förorening är låga. Det går heller inte att fastställa att dessa utsläpp har bidragit till negativa effekter på recipienten Göta älv. Utspädningen i Göta älv beräknas på årsbasis till ca 4 miljoner gånger (Plate Thulin L., 2008).

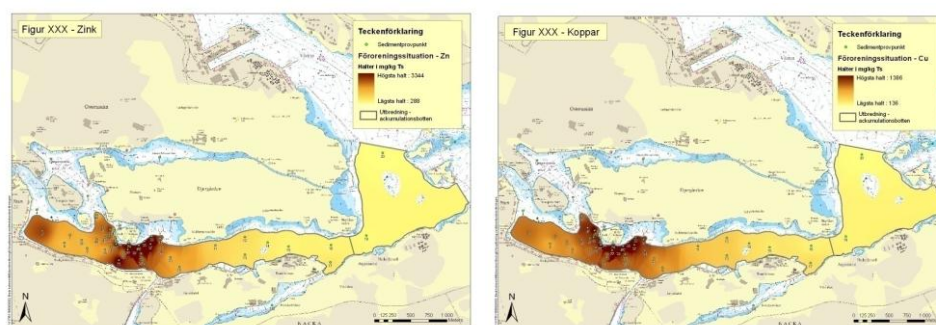
### 3.2.4 Provtagning inför sanering vid Beckholmen

Inför Beckholmens kommande sanering har ön provtagits i ett 30-tal punkter ner till 2 meter under markytan. Även sedimenten runt om ön och ut mot Östersjön har provtagits i 37 punkter. Resultatet visar att ön är kraftigt förorenad av metaller och PAH. Bland metallerna är det främst höga halter av bly, kvicksilver, koppar och zink.

Metallhalterna kommer troligast från båtfärg som genom tiderna har haft varierande sammansättning. Restmaterial från den verksamhet som bedrivits har sedan används som utfyllnad när ön har expanderat. Sprängsten från utsprängning av dockorna har tippats främst på öns västra del, varvid hålrum mellan dessa fyllts igen med restmaterial.

Halter av PAH kommer sannolikt från trätjärrester, färg och aska som brukades på ön före 1900-talet men kan även kommit från tidigare varvsverksamhet. Mindre mängder kan även tillförts från oljerester från den befintliga varvsverksamheten.

Sedimentprovtagningen påvisar att det finns en tydlig gradient av föroreningar ut från Beckholmen i alla riktningar, se Figur 1a och 1b (Egelstig C., 2010).



Figur 1a och 1b. Mängd förorening av koppar respektive zink i sediment.

## 4 Resultat av utförda tester

Resultatet från insamlade prover av spolvatten och blästersand redovisas nedan och analysrapporter från Eurofins finns bifogade i bilaga 5. Diagram som tagits fram utifrån analysrapporterna och återfinns i bilagorna 1, 2 och 3.

### 4.1 Blästermedel

Resultatet visar att det förekommer alifater, aromater, PAH och metaller i samtliga prover av blästermedel.

Medelhalten i mg/kg torrsubstans (TS) PAH för använt blästermedel var 24 mg/kg TS för PAH med låg molekyylvikt, 66 mg/kg TS för PAH med mellan hög molekyylvikt och 52 mg/kg TS för de med hög molekylvikt. Halten mellan proverna varierade kraftigt och den minsta

uppmätta halten var 0,3 mg/kg TS medan den högsta var 230 mg/kg TS. De var två prover som innehöll de markant högsta halterna PAH, se bilaga 1 tabell 16.

Av metaller förekom högst halter av koppar, zink, nickel och bly i blästeravfallet. Halterna varierade mellan proverna, se i bilaga 1 tabell 17, och två prover innehöll högre halter än de övriga. Samtliga prover på blästeravfall översteg gränsen för NV rikvärden för MKM för ämnena koppar, kobolt, nickel och zink se bilaga 1 tabell 18 och 19.

#### 4.2 Lakvatten från blästermedel

Analysen av det lakvattnet visade på att det var högst halt av koppar, zink och nickel, som lakats ut från blästermedlet, se tabell 12. Ofiltrerade prover innehöll i samtliga analyser av lakvatten högre halter än de prover som filtrerats.

Medelhalten koppar var för filtrerat prov 7,12 mg/l och för ofiltrerat prov 22 mg/l. Halten utlakad zink var något lägre, 3,22 mg/l för filtrerat prov och 5,9 mg/l för ofiltrerat prov. Se bilaga 2 tabell 20.

**Tabell 12.** Medelvärde av metallhalter [mg/l] från lakvatten, baserade på prover från fem båtar. Varje prov analyserades både filtrerat och ofiltrerat.

| Parameter   | filtrerat prov    |                           | Ofiltrerat prov   |                           |
|-------------|-------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|
|             | Medelvärde [mg/l] | Oanv. blästermedel [mg/l] | Medelvärde [mg/l] | Oanv. blästermedel [mg/l] |
| Arsenik     | 0,000614          | 0,003                     | 0,001016          | 0,0029                    |
| Kadmium     | 0,0001666         | 0,0014                    | 0,000432          | 0,0021                    |
| Kobolt      | 0,004308          | 0,036                     | 0,00974           | 0,063                     |
| Krom        | 0,004844          | 0,0055                    | 0,00634           | 0,0079                    |
| Koppar      | 0,4506            | 0,085                     | 1,1102            | 0,13                      |
| Kvicksilver | 0,0001            | 0,0001                    | 0,0001            | 0,0001                    |
| Nickel      | 0,05028           | 0,4                       | 0,1275            | 0,76                      |
| Bly         | 0,003592          | 0,011                     | 0,0174            | 0,017                     |
| Vanadin     | 0,000294          | 0,00083                   | 0,00057           | 0,00065                   |
| Zink        | 0,2024            | 0,051                     | 0,4564            | 0,082                     |

#### 4.3 Spolvatten

Spolvattenproverna innehöll främst höga halter av koppar och zink samt bly och nickel. Varje prov analyserades både filtrerat utan uppslutning och ofiltrerat med uppslutning. De ofiltrerat proverna innehöll naturligt nog högre halter än filtrerade, se bilaga 3 tabell 21. Andel metaller i som var löst respektive bundet till partiklar kan ses i bilaga 3 tabell 22.

Medelhalten av koppar var i de filtrerade proverna 7,12 mg/l mot 21,7 mg/l i de syrauppslutna proverna, se tabell 13. Detta ger ett utsläpp på 10,9 kg koppar per år från varvets spolarbete beräknat på att varvet förbrukar ca 500 m<sup>3</sup> vatten per år och vattnet pumpas ut utan någon rening. Se bilaga 3 tabell 23 för jämförelse av beräknade utsläpp per år av zink och koppar för spolvatten från tre olika varv.

Medelhalten av zink var i spolvattnet 3,22 mg/l för filtrerat prov och 5,9 mg/l för ofiltrerat prov. Det ger ett utsläpp av zink på 3,1 kg/år, se tabell 13. För beräkningar se bilaga 4.

**Tabell 13** Medelvärde av metallhalter [mg/l] och medel utsläpp per år [kg/år] från spolvatten, baserade på prover från fem båtar. Varje prov analyserades både filtrerat och syrauppslutet.

| Parameter   | Filtrerat prov, ej syrauppslutet |                    | Ofiltrerat, syrauppslutet prov |                    |
|-------------|----------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|
|             | Medelvärde [mg/l]                | Medelvärde [kg/år] | Medelvärde [mg/l]              | Medelvärde [kg/år] |
| Arsenik     | 0,020                            | 0,010              | 0,021                          | 0,011              |
| Bly         | 0,008                            | 0,004              | 0,19                           | 0,09               |
| Kadmium     | 0,005                            | 0,003              | 0,01                           | 0,004              |
| Kobolt      | 0,007                            | 0,0035             | 0,02                           | 0,010              |
| Koppar      | 7,12                             | 3,6                | 21,7                           | 10,9               |
| Krom        | 0,0005                           | 0,0002             | 0,004                          | 0,002              |
| Nickel      | 0,030                            | 0,01               | 0,06                           | 0,03               |
| Vanadin     | 0,002                            | 0,001              | 0,006                          | 0,003              |
| Zink        | 3,22                             | 2                  | 5,9                            | 3,0                |
| Kvicksilver | <0,0001                          | <0,0001            | -                              | -                  |

Samtliga spolvattenprover analyserades med avseende på metaller och oorganiska föreningar. Resultat erhöles endast för oorganiska föreningar för två prover då Eurofins analysapparat gick sönder under pågående analys. För de två prover där resultat erhöles var medelhalten PAH med låg molekylvikt 2,9 µg/l, med medelhög molekylvikt 3,4 µg/l och med hög molekylvikt 6,9 µg/l. Uppmätt halt PAH i spolvattnet är mycket osäker och analys bör göras om.

## 5 Riktvärden

Hav och sediment innehåller naturligt halter av metaller vilka i låga koncentrationer är essentiella (livsnödvändiga) för organismer (Naturvårdsverket, rapport 4914). Förhöjda halter av metaller förekommer även det naturligt på enskilda platser. Ekosystem med naturligt förhöjda halter av metaller har anpassats under lång tid för att klara av koncentrationer av metaller. Däremot kan förhöjda halter av metaller till följd av enstaka utsläpp samt punktkällor, ge ekosystemet allvarliga biologiska störningar redan vid låga halter. Det ger främst toxiska effekter på organismer långt ner i näringskedjan samt att det vanligen ger reproduktionsstörningar hos fisk. Dessa effekter erhåles vid långtidsexponering under veckor eller månader medan mer akuttoxiska effekter kan uppträda vid 3-10 gånger högre koncentrationer än normala bakgrundshalter till ekosystemet (Naturvårdsverket, s. 43, rapport 4913).

För att skydda miljön tas samband fram mellan ämnens förekomst och dess effekter. Internationellt finns en stor mängd data på effekter av metaller på olika arter medan samma kunskap kring svenska arter är starkt begränsad. Detta gör att det inte finns några effektgränser för svenska förhållanden. Det finns dock flera olika internationella effektgränser baserade på stora mängder kvalitativ data. Förhållanden i haven är mycket varierande gällande pH, salthalt, turbiditet och temperatur vilket gör att utländska

effektgränser kan vara missvisande för svenska arter (Naturvårdsverket, s.55, rapport 4914).

I tabell 14 finns Naturvårdsverkets uppmätta bakgrundshalter för större vattendrag i Sverige (Naturvårdsverket, rapport 4913, s. 49). Även Stockholm Vatten AB varningsvärden för inkommande industrivatten finns med i tabellen.

**Tabell 14.** Varningshalter av metaller för inkommande vatten till reningsverk, uppmätta effekthalter för metaller i Svenska, Kanadensiska riktvärden för sediment samt bakgrundshalter för större vattendrag i Sverige. Alla halter i mg/liter.

| Parameter   | Stockholm Vatten AB, krav inkommande industrivatten | NV 4913, klass 3. "Effekter kan förekomma" | NV4913, klass 5. "Effekter redan vid kort exponering" | Canadian Water quality guide lines, sediment. | NV 4913 bakgrundshalter, större vattendrag Sverige. |
|-------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Krom        | 0,05                                                | 0,015                                      | 0,075                                                 |                                               | 0,0004                                              |
| Kadmium     | får ej förekomma                                    | 0,0003                                     | 0,0015                                                | 0,0000025                                     | 0,000014                                            |
| Bly         | 0,05                                                | 0,003                                      | 0,015                                                 | 0,0015                                        | 0,00032                                             |
| Koppar      | 0,2                                                 | 0,009                                      | 0,045                                                 | 0,002                                         | 0,0013                                              |
| Kvicksilver | får ej förekomma                                    |                                            |                                                       | 0,000026                                      | 0,000004                                            |
| Zink        | 0,2                                                 | 0,06                                       | 0,3                                                   | 0,03                                          | 0,0043                                              |
| Nickel      | 0,05                                                | 0,045                                      | 0,225                                                 | 0,045                                         | 0,001                                               |
| Tenn        | -                                                   | 0,000002                                   |                                                       | -                                             |                                                     |
| Kobolt      | -                                                   | -                                          | -                                                     | -                                             | 0,00013                                             |
| Arsenik     | -                                                   | 0,015                                      | 0,075                                                 | 0,005                                         | 0,0004                                              |
| Vanadin     | -                                                   | -                                          | -                                                     | -                                             | 0,0004                                              |

Naturvårdsverket har tagit fram effektgränser i fem olika klasser för sjöar och större vattendrag. Vid uppmätning av halter som motsvarar klass 3, se tabell 14, kan effekter på vattenlevande organismer förekomma. Om halter av klass 5 uppmätts i ett vattendrag innebär det att halterna kan påverka vattenlevande organismers överlevnad redan vid kort exponering (Naturvårdsverket, s.44, rapport 4913). Miljöförvaltningen vid Göteborg valde att använda värden för klass 3 (effekter på organismer kan förekomma) när de ställde krav på spolvattenrening hos tre varv på västkusten (Plate Thulin L., s.5, 2008).

Sverige har idag inga utarbetade effekt- och gränsvärden för våra sediment i hav och vattendrag på grund av bristen på data från svenska vatten. Riktlinjer för utsläpp har dock gjorts i andra länder baserat på olika villkor (Naturvårdsverket, s. 55, rapport 4914). I Kanada har det gjorts water quality guidelines (WQ), det vill säga effektgränser framtagna för sediment. Effektgränserna från Kanada bygger på medelvärden av halter från olika undersökningar. Medelvärden är framtaget från undersökningarna genom att lägsta halten i sediment med effekt och den högsta koncentrationen utan effekt har adderats och dividerats med två (Naturvårdsverket, s. 56, rapport 4914).



---

## 6 Miljöpåverkan

### 6.1 Östersjöns

Östersjön är ett bräckvatteninnehav med en yta på 400 000 km<sup>2</sup>. Utbytet av vatten till Östersjön är en långsam process vilket gör området extra känsligt för ackumulering av näringsämnen och miljögifter (Albalata A. et al., s.165, 2002).

Organismer som lever under låga saltförhållanden är utsatta för saltstress. Salthalten påverkar vattenlevande organismer genom att dessa har en viss salthalt i sina celler som behöver upprätthållas. När halten salt utanför cellen är lägre än i cellen kommer cellen behöva använda energikrävande "pumpar" för att motverka att halten salt i cellen inte ska sjunka. Denna process gör att organismer i bräckt vatten har svårare att växa och överleva jämfört med organismer i saltare vatten som kan lägga mer energi på tillväxt och förökning.

Östersjöns ekosystem har på grund av saltstress en låg biodiversitet och nyckelarters påverkan av miljögifter har stor inverkan på hela ekosystemet. Med nyckelart menas en art som genom sin existens skapar balans i näringskedjan genom att till exempel vara föda för andra arter och hålla ner antalet individer i andra arter som den själv lever av eller reglerar i flera led bort. Om nyckelarten utrotas kommer balansen att rubbas vilket påverkar och eventuellt utrotar fler arter varpå ett nytt ekosystem med tiden byggs upp. Nyckelarter kan även liknas vid hörnstenarna på en båge som tar minst tryck av alla stenar som håller uppe bågen men som får hela bågen att falla om de försvinner (Skott Mills L., et al, 1993). Exempel på nyckelarter i Östersjön är t.ex. blåstång (Andersson S., Kautsky L., s.171, 1996).

### 6.2 Effekter och trender av metaller i Östersjön

Östersjön tillförs kontinuerligt metaller genom mänskliga aktiviteter och halterna som tillförs är mätbara i zooplankton. Metallhalten är generellt högre längs kusterna än ute på öppet hav. Trots höga tillflöden av metallhaltiga vatten från bäckar och kanaler till Östersjön är halterna i havet relativt låga. Detta anses bero på att metallerna tas upp av organismer som plankton som sedan när de dör ansamlas i sedimenten på botten (Pempkowiak J., s 1697, 2005).

En del metaller har bioackumulerande egenskaper vilket gör att de anrikas till organismer högre upp i näringskedjan. Detta medför att livsmedel såsom sill och torsk från Östersjön kan innebära hälsorisk för människor (Juszczak L, s.1334, 2009).

Studier av uppmätta metallhalter i levern hos fisk (abborre, sill, torsk och tånglake) från Östersjön tyder på en nedåtgående trend av blyhalter vilket har kopplats samman med övergången till blyfri bensin. Halter av nickel och krom har även de signifikant minskat hos samma arter vilket innebär en halverats sedan 1980-talet. Koppar och zink har minskat signifikant under den senaste tio åren men en tydlig trend går ej att se i halter hos fisk. Kadmium och kvicksilver halter i fisk har sedan 1990-talet inte minskat i Östersjön (naturvårdsverket, s.21, rapport 5908).

Sillgrissla är en fågelart som lever av småfisk på Svenska östkusten och årligen analyseras ägg från arten för att se trender i metallupptag. Sedan 1969 till 2004 har halten kvicksilver i äggen minskat med 1,5 % årligen. Sedan 1996 har en minskning av bly och kadmium setts med 10 % och för krom har en minskning med 20 % skett. Halter av koppar och zink har inte uppvisat någon haltförändring sedan 1996 i sillgrisslans ägg (naturvårdsverket, s.22, rapport 5908).

#### 6.2.1 Bly

Bly är bioackumulerbart och giftigt och effekter har setts på bland annat mikroorganismer i mark . (Stockholm Vatten AB, s. 13, 2000). Studier på musslan *Mytilus edulis* i Östersjön visar på en ökande trend halten av bly i musslans vävnader (Przytarska J. et al, s.461 2009).

Vid försök där fisk exponerats för blyhaltigt vatten kunde effekter av kraftig hämning av enzym i blodet, störd kolhydratmetabolism, jonbalansrubbingar samt ryggradsdeformationer påvisas (naturvårdsverket, s. 43, rapport 5908). Analyser av sik från en recipient med förhöjda blyhalter i vattnet observerades likartade symptom hos vilda individer (Haux et al., 1986).

#### 6.2.2 Kadmium

Kadmium är toxiskt för både land- och vattenlevande organismer och har bioackumulerande egenskaper vilket gör effekterna långvariga. På människor ansamlas kadmium i njurarna och utsöndras sedan mycket långsamt. Detta kan ge upphov till skador på njurar och skelett hos människa (naturvårdsverket, s. 15, rapport 5882).

Fisk som utsatts för kadmiumhalter mellan 5-500 µg/l i försök har påvisat grava effekter. Bland effekterna har sågs kraftiga rubbningar i jonbalansen, nedsatt syreupptagningsförmåga, symtom av diabetes, nedsatt immunförsvar och ryggradsskador. Liknande symptom har även observerats hos däggdjur (naturvårdsverket, s. 44, rapport 5908).

#### 6.2.3 Koppar

Koppar är toxiskt mot både land- och vattenlevande organismer men särskilt toxiskt mot vattenorganismer. Det är ett bioackumulerbart ämne som kan förekomma i flera former vilka har varierande toxiska egenskaper (Stockholm Vatten AB, s. 14, 2000). Då koppar är en essentiell metall för organismer i låga halter finns det en reglerande ämnesomsättning för att transportera ut låga överskott av koppar (Thomas K., Brooks S, s.84, 2009).

En av Östersjöns nyckelarter är *F. vesiculosus* även kallad blåstång påverkas av kopparhalter i vattnet. I en studie undersöktes hur artens fortplantningsförmåga påverkades av kopparhaltigt vatten till följd av allt mer utsläpp av koppar från antifoulingfärg. Resultatet visade att kopparhalter i vattnet inte påverkar arten under

normala saltförhållanden vid västkusten på omkring 14 promille men att det har en allvarlig påverkan redan vid låga koncentrationer då arten lever under saltstress i Östersjön på omkring 6 promilles salthalt. Vid högre halter av koppar på 20 µg/l och 6 promilles salthalt i vattnet minskade antalet överlevande ägg med 70-80%. Påverkan av den högre kopparhalten på blåstång som växte i 14 promilles salthalt var mycket låg (Andersson A, Kautsky L, 1995).

Undersökningar på bakterien *Vibrio fischeri*, algen *Ceramium tenuicorne* och kräftdjuret *Nitocra spinipes*, visar på att samtliga av dessa tre arter som utsätts för koncentrationer av koppar påverkas negativt. I testen undersöks bland annat organismernas tillväxtförmåga och akuta dödlighet samt förmåga att reproduceras. Koppar var i testerna mest toxiskt mot *C. tenuicorne* som blev tillväxthämmade vid kopparhalter på 6,4 µg/l. Vid kopparhalter på 800 µg/l påverkades *V. fischeri* förmåga till biolumniscens negativt och *N. spinipes* fick en ökad dödlighet vid kopparhalter på 2100 µg/l. Vid kopparhalter på 110 µg/l påverkades *N. spinipes* larvers utveckling negativt (Ytreberg E. et al, s. 2463, et al, 2009).

#### 6.2.4 Zink

Zink är bioackumulerbart och toxiskt för vattenlevande organismer och växter (Stockholm Vatten AB, s. 14, 2000).

Algen *C. tenuicorne* tillväxthämmas med 50 % vid zinkhalter på 25 µg/l. Det ger även upphov till akut dödlighet för *N. spinipes* vid 890 µg/l samt påverkar *N. spinipes* larvutveckling vid 400 µg/l. *V. fischeri* förmåga till biolumniscens påverkas negativt vid zinkhalter på 2000 µg/l (Ytreberg E. et al, s. 2460 et al, 2009).

#### 6.2.5 Polyaromatiska kolväten

Polyaromatiska kolväten, även kallade PAH, är samlingsnamnet på föroreningar som består av flera hopsatta kolatomringar. Det finns upp emot 100 olika PAH föroreningar av varierande molekylstorlek. PAH är hydrofila vilket betyder att de hellre löser sig i olja än i vatten och därav återfinns de bland annat i olja och tjära. PAH förekommer även i kol och sot (Statcher D., 1990). Försök har konstaterat att en del PAH föroreningar är cancerogena (Statcher D., 1990) och Naturvårdsverket generella rikvärden för mindre känslig markanvändning i mark är satta till 10-20 mg/kg TS beroende på molekylvikt.

Uppmätt halt då effekt kan mätas på hälften av de organismser en studie testas för kallas EC<sub>50</sub>. EC<sub>50</sub> värden för PAH varierar mellan 5-4000 µg/l beroende på antal ringar i föroreningen. I vatten PAH föroreningarna benso(a)antracen och Benso(a)pyren vara toxisk mot alger med EC<sub>50</sub> värden på mellan 5-29 µg/l (Holmgren A., s.39, 1999).

## 7 Diskussion

### *Blästermedel och lakning*

Föroreningsgraden varierade kraftigt mellan de olika proverna. De tre fartyg där såväl analyser på blästermedel som spolvatten har gjorts innehöll de två äldsta, Twee Gebroders och Fedde Henrika, fler ämnen med höga halter. På den yngre Aphrodite III var det istället andra föroreningsparametrar som var markant förhöjda jämfört med övriga fartyg – i första hand koppar, zink och PAH i blästermedel.

Färghistoriken på två av de äldre fartygen är delvis okänd. Dessa innehöll flera olika metaller vilket tyder på att det vid renoveringen kommit fram rester av äldre färglager. Aphrodite III's halter av PAH är svårare att förklara men kan även de vara rester av tidigare målningar. Halterna PAH i blästermedel från Aphrodite III översteg NV riktvärden för MKM med ca 12 gånger. På grund av hälsorisker bör de som hanterar avfallet av blästermedel både i och utanför dockan göra det med lämplig skyddsutrustning. Eftersom analys är nödvändig för att veta om blästermedlets avfall är skadligt bör lämpligen allt blästeravfall hanteras försiktigt.

Ett fartyg utan färghistorik eller som inte blästrats på många år kan misstänkas innehålla högre halter av föroreningar än de som återkommande har varit inne för underhåll. Aphrodite III visar dock på att det finns undantag från detta.

I de flesta fallen var kvicksilverhalterna låga eller ej detekterbara. Förbrukat blästermedel från Victoria innehöll dock 1 mg/kg TS. Detta överstiger inte NV riktvärden för MKM som är 2,5 mg/kg TS men väl NV riktvärden för KM som är 0,25 mg/kg TS. Personlig skyddsutrustning samt noggrann uppsamling av blästermedel från dockan blir extra viktigt för att minimera hälsorisker och för att minimera spridningen av kvicksilver. Vid arbete med fartyg med likartad färgbeläggning eller skrovbehandlingshistoria som Victoria bör särskilda skyddsåtgärder vidtas.

Den mängd blästermedel som spolas ut från dockan kan anses vara låg i förhållande till den totala mängd som används. Mängden blästeravfall som spolas ut kan dock variera i stor utsträckning och beror bland annat av hur noggrant upptag av blästeravfall utförs. Vid en grov uppskattning spolas det årligen ut ca 3,3 ton blästermedel. Detta skulle motsvara att ca 14,5 kg koppar spolades ut årligen från dockorna. Mängden koppar som från den totala utsläppsmängden skulle lakas ut skulle dock bara vara 0,35 % årligen enligt denna studies skaktester. Mängden zink som enligt beräkningar skulle spolas ut skulle vara omkring 5,8 kg men endast 0,4 % av det skulle lakas ut i vattnet. Då mängden koppar och zink som kommer förekomma i löst form är enligt beräkningar låg har detta troligen inga miljökonsekvenser.

Analys av lakvattnet med avseende på PAH gjordes ej i studien, varvid det inte går att dra slutsatser om miljökonsekvenserna av att PAH spolas ut med blästermedel.

## Spolvatten

Spolvattnet innehöll höga halter av koppar, zink och kadmium. Dessa halter var flera gånger högre än NV halter för klass 5 där effekter hos vattenlevande organismer ses redan vid kort tids exponering. Beräknat på medelvärdet av spolvattenprover var halten koppar drygt 150 gånger högre än halterna för NV klass 5, zink var drygt 10 gånger högre och halten kadmium var 3,5 gånger högre. Halterna är beräknade på filtrerade prover och ytterligare mängd kan lakas ut från de fasta partiklar. De högsta halterna för enskilda ämnen per prov var fördelade på olika fartyg och gick inte att koppla samman med ålder på fartyget.

Beräknat på resultat från denna studie så släpper Stockholm Repair Yard ut 11 kg koppar och 3 kg zink årligen från orenat spolvatten, varvid 35 % koppar och 50 % zink konstaterades löst vid analys av spolvattnet. Både beräknad andel och mängd utsläpp av lösta metaller var högre för spolvatten än det var för blästermedel.

## Miljökonsekvenser

Utsläpp av orenat spolvatten har en klar påverkan på det akvatiska ekosystemet i Östersjön. Beräknade utsläpp från spolvatten var i denna studie många gånger högre än de halter där effekter har kunnat dokumenteras på organismer i Östersjön, se tabell 15, vilket innebär att spolvatten har en negativ inverkan om det släpps ut orenat.

**Tabell 15.** Jämförelse mellan uppmätta halter i spolvattnet vid Stockholm repair yard och uppmätta halter där effekt setts hos organismer i Östersjön.

|         | Halt i spolvattnet |       | Halter i µg/l där effekter har setts hos organismer |          |        |          |           |
|---------|--------------------|-------|-----------------------------------------------------|----------|--------|----------|-----------|
|         | mg/l               | µg/l  | fisk                                                | blåstång | alg    | bakterie | kräftdjur |
| Kadmium | 0,01               | 8,87  | 5-500                                               |          |        |          |           |
| Koppar  | 21,7               | 21700 |                                                     | 20       | 6,4    | 800      | 110       |
| Zink    | 5,9                | 5900  |                                                     |          | 25     | 2000     | 890       |
| PAH     | 3,39               | 3390  |                                                     |          | 5 - 29 |          |           |

Effekter på nyckelarten *F. vesiculosus* (blåstång), som under saltstress påverkas redan vid kopparhalter av på 20 µg/l (Andersson A, Kautsky L, 1995), kan ses som särskilt oroande då Östersjön har låg biodiversitet (Skott Mills L., et al, 1993). De halter i spolvattnet som påvisats överstiger den halt där effekt har setts på blåstång i form av minskning av antalet överlevande ägg med 70-80% (Andersson A, Kautsky L, 1995).

Studier har även visat att förhöjda kopparhalter har en direkt påverkan på bakterier, kräftdjur samt makroalger (Ytreberg E. et al, s. 2463, et al, 2009). Halterna i denna studie överskrider samtliga av dessa uppmätta halter, se tabell 15. Uppmätta halter koppar i spolvattnet är t.ex. 340 gånger högre än halt där effekt setts hos makroalgen som påverkas vid halter på 6,4 µg/l.

Uppmätta halter av zink i spolvattnet är även de många gånger högre än de halter där effekter har setts hos organismer i Östersjön. Alger påverkas vid halter på 25 µg/l och analyser av spolvattnet hade medelhalter på 5900 µg/l vilket är enormt mycket högre. Algerna var även den organism där effekter sågs vid lägst halter för kopparhaltigt vatten. Halterna i spolvattnet var nästan 7 gånger högre än effekthalten för kräftdjur och 3 gånger högre för effektgränsen hos bakterier. Spolvattnets zink innehåll har en påverkan på organismer från flera näringsnivåer i Östersjön.

Uppmätta halter av kadmium i spolvattnet tangerar värdet för lägsta halter där effekter ses på fisk. Miljökonsekvenserna för spolvatten är därför troligast inte störst för utsläpp av kadmium.

Zink och till viss del koppar är bioackumulerbara ämnen som kan ansamlas i biovävnad hos t ex fiskar. Ett sätt att minska ackumuleringen av sådana ämnen är att hindra dessa att spridas i vattnet, t.ex. genom att sluta släppa ut orenat spolvatten i Östersjön. Då skrovens antifouling har som funktion att släppa ifrån sig metaller för att förhindrar påväxt är emellertid även båtarna i sig en källa till att metaller sprids i vattnet, oavsett om de ligger vid varv eller inte gör det. För att kunna minska utsläppet av metaller till haven, krävs sannolikt mer forskning för att ta fram bättre färger och metoder för att förhindra påväxt. De biocidfria färgerna har i flera studier haft dålig verkningsgrad eller innehållit ämnen som inte varit godkända eller deklarerade (Ahlbom J, Duus U., s. 5 1999). Framsteg har dock gjorts genom att mängden biocider i färgerna har minskat och bland dessa finns det produkter med tillfredställande verkningsgrad. Det finns dock ett behov av att utforma och använda bättre tester för färg. Testerna bör ge en uppfattning om miljöpåverkan från hela färgens innehåll och inte endast det verksamma ämnet mot påväxt, oavsett om den innehåller biocider eller inte. Ett alternativ är att i försök utsätta organismer med en låg toleransgräns för flera ämnen i testerna, så som alger (Karlsson J., Eklund B., s. 462, 2004). Det borde ge en bättre indikation på om färgen har en miljöpåverkan än om endast några ämnen från färgens innehåll testas. Även om testet utförs på en organism som generellt är känsligast för de lägsta halterna av föroreningar föreligger det finnas risk för att det finns andra arter med en högre akuttoxicitet gräns som kan få en miljöpåverkan då färgen används trots att den inte visat påverkan på den testade organismen.

Genom att utvecklingen av färgprodukter går mot att minska biocidinnehållet och istället göra det fysiskt svårt för organismer att fästa på skrovets yta kommer sannolikt utsläppen från varv och sjötrafik att minska i framtiden.

## Varv

Studier av spolvatteninnehåll har tidigare gjorts i Sverige vid Gotenius varv och Cityvarvet (Plate Thulin L., 2008). Vid jämförelse av mängd utsläppt koppar per år enligt denna studie så släpper Cityvarvet ut 188 kg och Gotenius 0,05 kg, medan Stockholm Repair Yard 11 kg, se bilaga 3 tabell 22. Jämförelsen kan dock vara missvisande då provtagningen har utförts på olika sätt samt att endast ett fåtal prover har tagits vid dessa båda varv. Vid Cityvarvet är resultatet baserat på ett prov som är utfört på liknande sätt som i denna rapport. Vid Gotenius är beräkningen baserad på två prov tagna i brunn. Proverna som är tagna i en brunn har sannolikt blivit utspädda vilket kan förklara varför deras utsläpp är många gånger längre än de andra två varven med liknande verksamheter.

Varv runt om Östersjön har högst divergerade krav på sig gällande omhändertagande av blästermedel och spolvatten. Av de som kontaktats i denna rapport har varv i Danmark striktast krav har. Där ställs krav på att spolvattnet måste renas till den grad att de ska

vara möjligt för reningsverk att ta emot vattnet innan de släpps ut. Polen har något högre riktvärden än Danmark och får efter att ha uppnått dessa släppa ut vattnet utan att passera reningsverk. I Sverige finns inga krav på att spolvattnet ska renas innan utsläpp vilket kan ses som anmärkningsvärt mot bakgrund till att alla andra industrier i Sverige som är kopplade till vattennätet har som skyldighet att uppnå en viss renhetsgrad innan vatten får släppas vidare till reningsverken.

För att minska miljöpåverkan från varv bör det finnas krav på rening av spolvatten i Sverige och även jämförbara krav kring hela Östersjön eftersom att utsläppen sker till ett och samma hav. Länder med de högsta kraven riskerar även att få färre varv då det blir mer ekonomiskt att driva en varvsverksamhet på platser med mindre krav vilket kan skapa mer miljökonsekvenser genom att fartyg får längre resväg för blir reparerade. Detta illustrerar ytterligare vinsten av att framarbeta nationsövergränsande miljööverenskommelser.

År 2012 kommer blästring förbjudas i Danmark och ersättas av vattenblästring vilket gör att utsläpp av blästermedel som spolat eller som sprids via luften upphör. Polen har "löst" problemet med damm genom att endast blästra nattetid. Detta är en lösning som utsätter färre personer utanför varvsverksamheten för andas in nyligen uppblåst damm men det löser inte problemet med att föroreningar sprids. Lösningar med nät tar bort en del damm men eftersom att det inte finns något nät över fartyget är spridningen ändå stor, speciellt vid blåsväder.

Förändringar i hur arbetet bedrivs kan ses som nödvändiga för att minska miljökonsekvenser och förbättra arbetsmiljön på varven kring Östersjön. Det kan dock ses som orimligt att ställa krav på att snabbt förändra verksamheterna. Då det är tveksamt om det kommer att finnas ekonomisk möjlighet till detta. Krav borde istället utformas så att verksamheterna får möjlighet att stegvis förbättra sina arbetsrutiner.

För att minska miljökonsekvenserna vid Stockholm Repair Yard skulle på kort sikt dockornas botten behöva åtgärdas. Idag förekommer sprickor på dockornas botten vilket försvårar upptag av blästeravfall. Vidare skulle en fungerande sedimenteringsbassäng vid varje dock kunna ta upp ca hälften av alla metaller som sprids idag genom att dessa är bundna till partiklar och lätt kan sedimentera, se bilaga 3 tabell 21. Vid analys framgick att 96 % av all bly var bundet till partiklar vilket en sedimentering skulle kunna fånga upp. För att förbättra reningen ytterligare kan ett filter sättas efter sedimenteringen. Detta förutsätter att varje sedimenteringsbassäng är dimensionerad för flöden motsvarande spolning och att en kontinuerlig rensning av dessa sker.

På sikt bör övervägas om inte spolvatten från varv efter rening kopplas till ett reningsverk, precis som för övriga industrier. Detta kommer medföra att kraven skärps ytterligare för varvens egen rening av spolvattnet då reningsverken endast kan ta emot vatten med låga halter av metaller för att inte slå ut sitt biologiska reningsteg.

Idag finns redan krav på att Stockholm Repair Yard ska förvara blästeravfallet så att det inte kan laka i väntan på transport. Att förvara avfallet i täckta containrar eller på tät platta med täckning är av yttersta vik för att minska spridningen av föroreningar.

För att lättare kunna avgöra vilka åtgärder som ska vidtas borde det ställas högre krav på dokumentation av fartygets färghistorik. I framtiden kommer troligen mängden biocider i färgen att minska men då fartyg kan användas under lång tid bör äldre fartyg analyseras i samband med spolning och blästring samt att ersättningen för att ta hand om en äldre båt borde höjas för att täcka detta. En båt som sedan har en komplett färghistorik där prover

analyserats några gånger i följd kommer man lättare att kunna hantera i jämförelse med idag. Eventuella olägenheter och merarbete med administration kan därmed ses som övergående, och kan bedömas tydligt vara värd de riskreduceringar som åtgärden ger upphov till.



---

## 8 Slutsats

Varvsverksamhetens utsläpp av metaller är tydligt underordnade de utsläpp som i övrigt sker till Östersjön från stadsbebyggelse och industrier. Föreliggande studie visar dock att betydande utsläpp från varvsverksamhet sker av koppar, zink och kadmium, vilket skulle kunna påverka nyckelarter i Östersjön negativt. Utsläppen kommer främst av orenat spolvatten, medan utsläppen av blästermedel är av mindre omfattning. För att förbättra miljöstatusen i de akvatiska systemen kring varvsområdet bör åtgärder därmed snarare riktas mot spolvattenhanteringen, än på att utarbeta rutiner för att i större grad omhänderta använt medel.

De problem som branschen ger upphov till bör uppmärksammas och undersökas vidare. En mer omfattande undersökning vid flera varv skulle ge en bättre överblick av utsläppssituationen. Vid en sådan behövs även generella riktlinjer för hur provtagning av spolvatten ska utföras där antal prover och metod för uppsamling av prov bör framgå. Det är av stor vikt att prov tas konsekvent från samma typ av spolvatten, t.ex. under skrovet, för att göra det möjligt att jämföra prover från olika varv. Relevanta och riskbaserade riktvärden för utsläpp av spolvatten bör också fastställas, som direkt ska koppla till effekter på närliggande akvatiska system.

Vidare bör restriktioner för varvsverksamheter övervägas. Varv fyller en viktig funktion och förändring av krav för utsläpp behöver ske inom rimliga tidsramar för att ekonomiskt möjliggöra för varven att genomföra ställda förändringskrav.

## 9 Referenser

### Rapporter

Albalata A., Potrykusa J., Pempkowiak J., Porte C. 2002, *Assessment of organotin pollution along the Polish coast (Baltic Sea) by using mussels and fish as sentinel organisms*, Chemosphere Vol. 47, s.165-171, Polen.

Andersson S., Kautsky L., 1996, *Copper effects on reproductive stages of Baltic Sea Fucus vesiculosus*, Marine Biology vol. 125 s. 171-176, Stockholm.

Nikinmaa M., 1992, *How does environmental pollution affect red cell function in fish?* Aquatic Toxicology, Vol. 22, s. 227-238, Finland.

Juszczak L., 2009, *Temporal trends in the bioaccumulation of trace metals in herring, sprat, and cod from the southern Baltic Sea in the 1994-2003 period.*, Chemosphere, vol. 76, s. 1334-1339. Polen

Karlsson J., Eklund B., 2004, *New biocide-free anti-fouling paints are toxic*, Marine Pollution Bulletin, Vol. 49, s. 456-464. Stockholm

Karlsson J., Ytreberg E., Eklund B., 2010, *Toxicity of anti-fouling paints for use in ships and leisure boats to non-target organisms three trophic levels*, Environmental pollution vol 158 s. 681-687, Stockholm.

Pemokowiak J., Walkusz-Miotk J., Beldowski J., Walkusz W., 2005, *Heavy metals in zooplankton from the southern Baltic*. Chemosphere Vol. 62, s.1697-1708, Polen.

Przytarska JE, Sokołowski A, Wołowicz M, Hummel H, Jansen J., 2010, *Comparison of trace metal bioavailabilities in European coastal waters using mussels from Mytilus edulis complex as biomonitors*. Environ Monit Assess. Vol. 166, s. 461-76. Polen.

Skott Mills L., Soulé E., Doak F., 1993, *The key stone-species concept in ecology and conservation*. Bioscience Vol. 43, No. 4, S. 219-224.

Statcher D., 1990, *Toxicological profile for polycyclic aromatic carbons*, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Georgia.

Thomas K., Brooks S., *The environmental fate and effects of antifouling paint biocides*, Biofouling, Vol. 26, s. 73-88, Norge.

Wiklund Eriksson A., Vilhelmsson S., Wiklund S., Eklund B., 2009, *Contaminants and habitat in the Baltic sea: Behavioural experiments with the native species, Monoporeia affinis, and invasive genus, Marenzelleria*, Coastal and shelf science vol 81 s. 238-246, Stockholm

Ytreberg E., Karlsson J., Eklund B., 2010, *Comparison of toxicity and release rate of Cu and Zn from anti-fouling paints leached in natural and artificial brackish seawater*, Science of The Total Environment, Vol. 408, s. 2459-2466, Stockholm.

---

#### Naturvårdsverkets rapporter

Naturvårdsverket, 2002, rapport 5207

Naturvårdsverket, 2006, rapport 5535

Naturvårdsverket, 1999, rapport 4913

Naturvårdsverket, 1999, rapport 4914

Naturvårdsverket, 2008, rapport 5908

#### Övriga rapporter

Ahlbom J, Duus U., 1999, *Mindre gift på drift*, Länsstyrelsen Västra Götaland, rapport 1999:37, Göteborgregionens kommunalförbud.

Duus U., Ahlbom J., 2007, *Clean shipping criteria, Clean shipping project*, Göteborg.

Egelstig C., 2010, *Huvudrapport Beckholmen*, Sweco Environment AB, uppdragsnummer 1155429000, Stockholm.

Ekberg N., Holmkvist P., 2010, *Teknisk rapport skruvprovtagning Beckholmen*, Sweco Environment AB, uppdragsnummer 1155429000, Stockholm.

Plate Thulin L., 2008, *Sveriges varv -krav på utredning gällande rening av spolvatten från skeppsvarv i Göteborgs kommun*, WSP.

Stockholm Vatten AB, 2000, *Råd och regler- utsläpp av avloppsvatten från yrkesmässig verksamhet*, Stockholm.

#### Övrig litteratur om Beckholmen

Hagman P., 2002. *Beckholmen*, s. 18-48, Hagman & Co Arkitektkontor AB, Laholm.

#### Mail korrespondens

Degerström A., 03.09.2010, 1:a arkivarie, Krigsarkivet, Stockholm.

Madrala M., 09.12.2010 Commercial Manager, Remontowa, Polen.

Roth T., 02.09.2010, 1:e intendent, Enheten för fakta och föremål, Armémuseum, Stockholm.

#### Muntliga källor

Adevik M., 13.10.2010, Stockholm Repair Yard AB, Beckholmen.

Feddersen J., 09.12.2009, Fayard, Danmark.

Lyhammar D., 10.01.2011, Scania AB, Södertälje.

Magnusson C., 10.01.2011, Stockholm vatten, Stockholm.

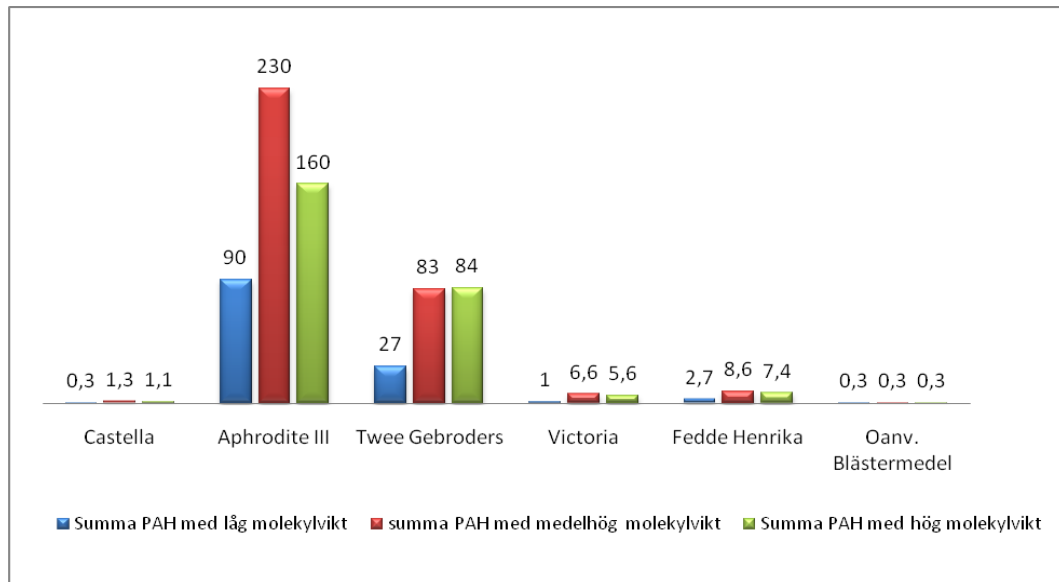
Söderberg E., 27.08.2010, Stockholm Repair Yard AB, Beckholmen.

Törnemyr J., 10.12.2010, Oskarhamnsvarvet, Oskarshamn.

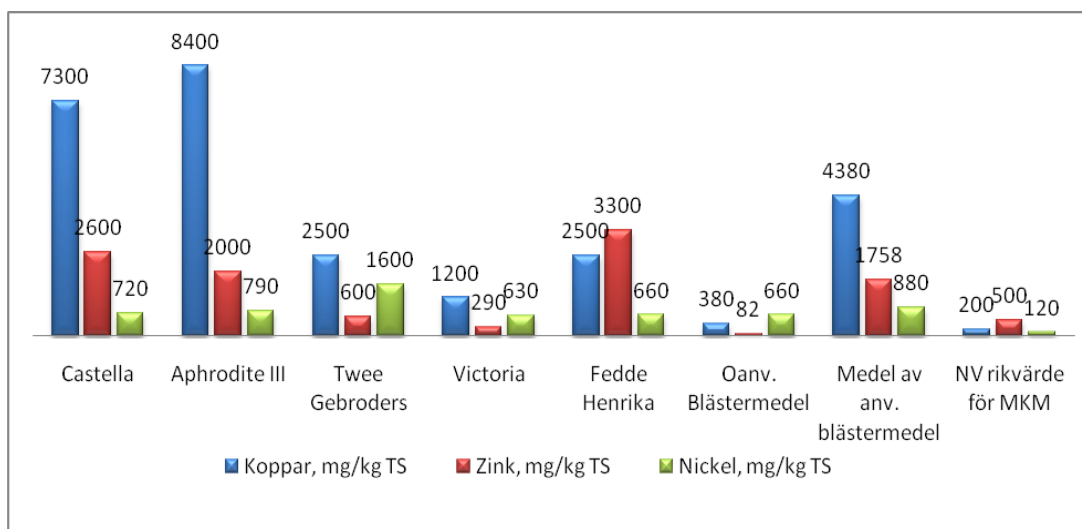
Westman A., 10.12.2010, Miljöförvaltningen, Stockholm stad.

## Bilaga 1. Analyser av blästermedel

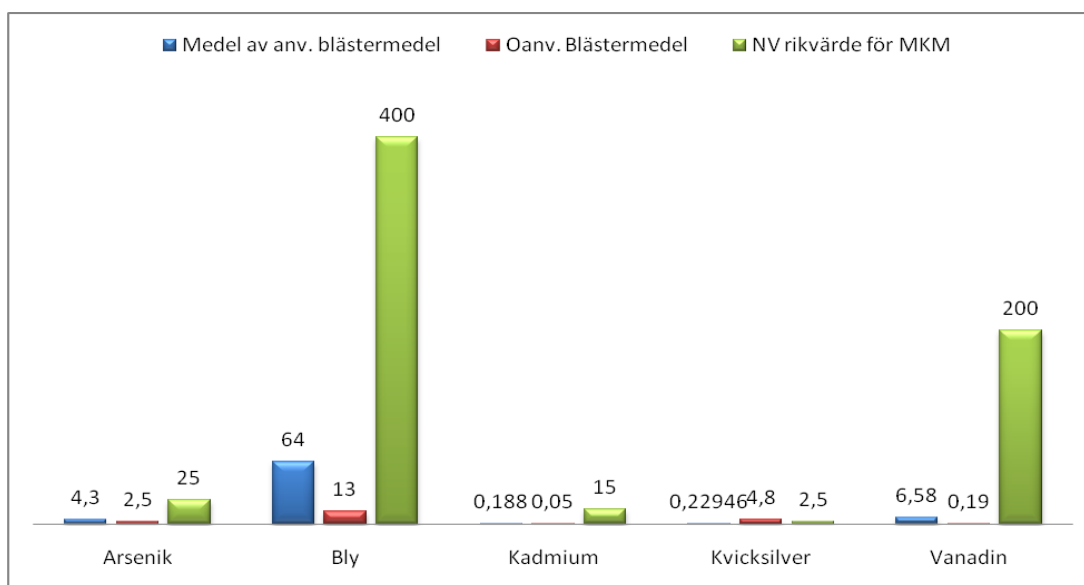
**Tabell 16.** Halt PAH med olika molekyylvikt i mg/kg TS i blästermedel.



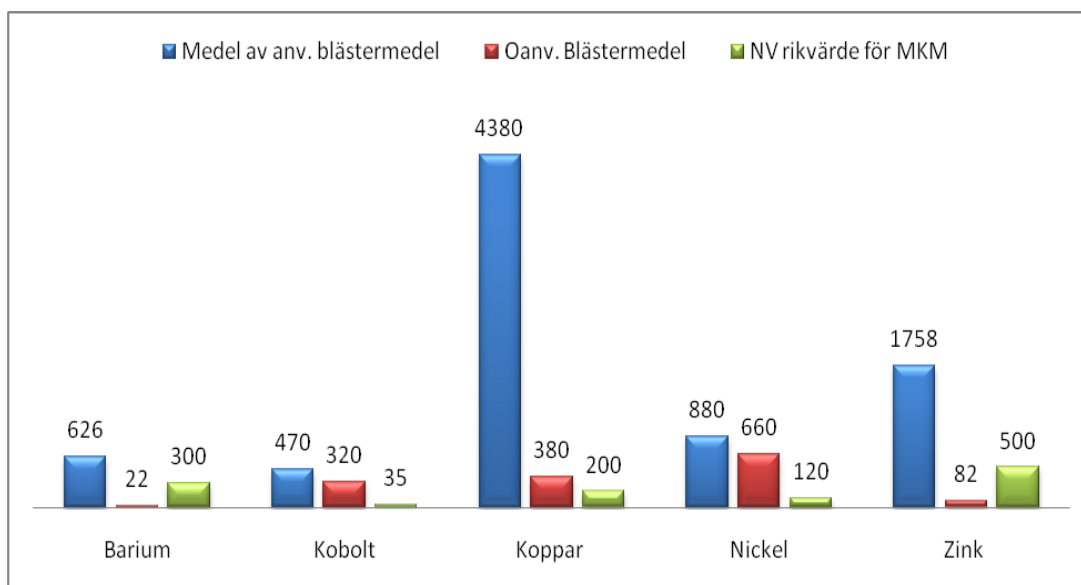
**Tabell 17.** Halt koppar, zink och nickel i mg/kg TS i blästermedel. De första fem avser provtagna båtar och de sista tre avser oanvänt blästermedel, medelvärde över dem första fem proverna samt naturvårdsverkets riktvärden för MKM.



**Tabell 18.** Halt metaller i blästermedel i mg/kg TS. Blå stapel avser medelhalt för prover med använt blästermedel. Röd stapel avser halt i oanvänt blästermedel och grön stapel avser NV rikvärden för MKM.

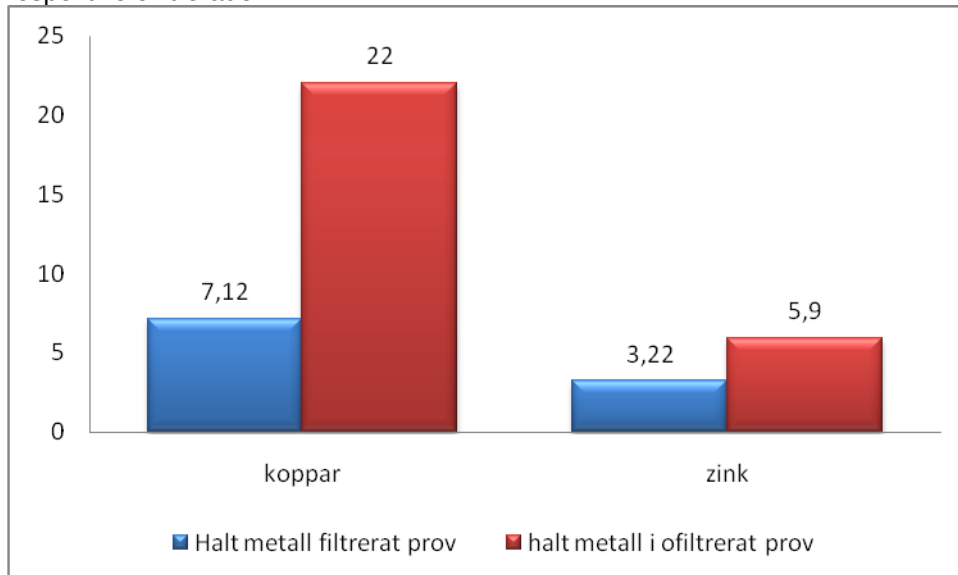


**Tabell 19.** Halt metaller i blästermedel i mg/kg TS. Blå stapel avser medelhalt för prover med använt blästermedel. Röd stapel avser halt i oanvänt blästermedel och grön stapel avser NV rikvärden för MKM.



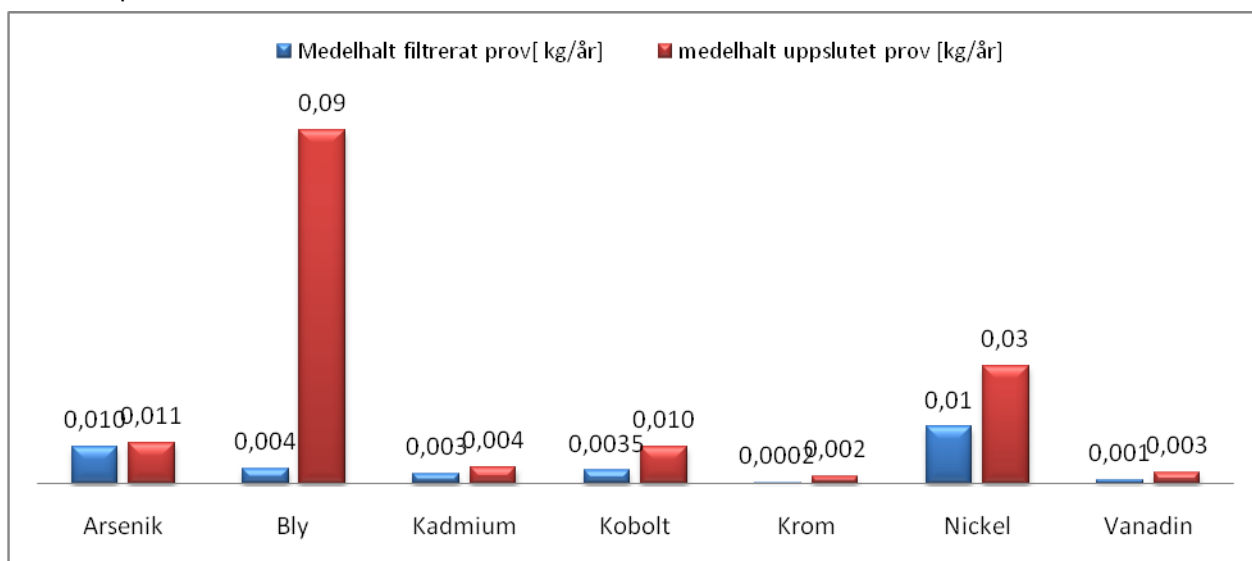
## Bilaga 2. Analyser av lakvatten från blästermedel

**Tabell 20.** Medelhalt koppar och zink i mg/l från analyser av lakvatten som är filtrerade respektive ofiltrerade.

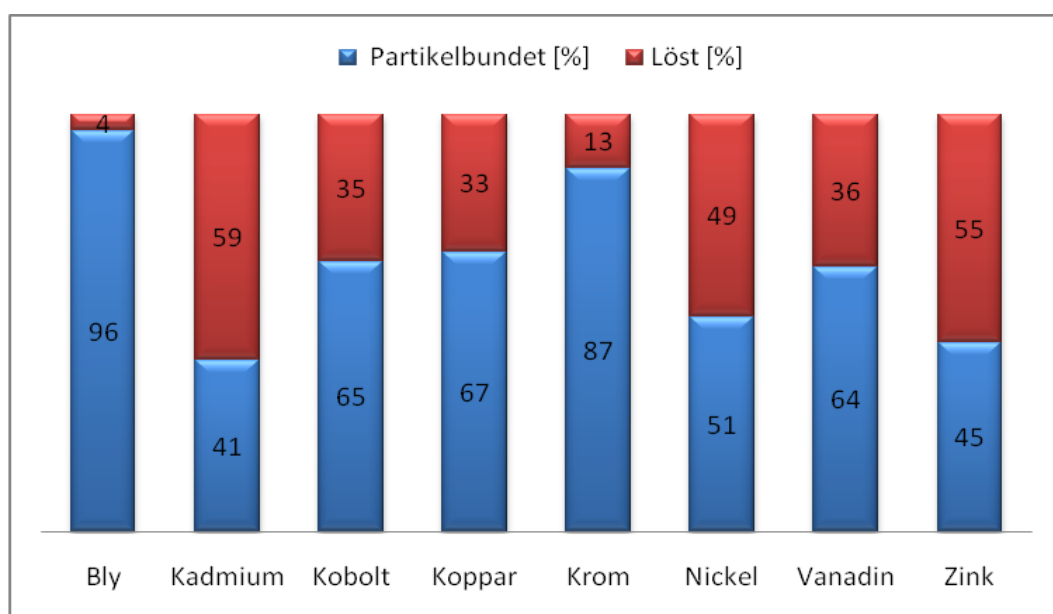


### Bilaga 3. Analys av spolvatten

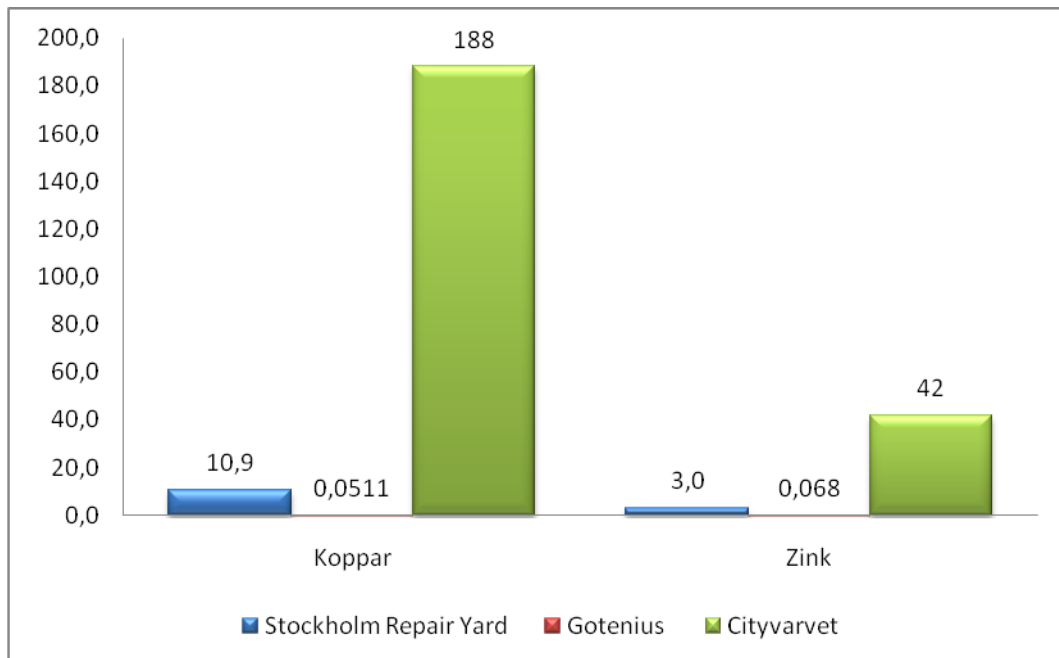
**Tabell 21.** Bedömd utsläppt mängd metaller i kg/år vid Stockholm repair yard från spolvatten.



**Tabell 22.** Andel av metaller i spolvattenprover, löst respektive partikelbundet vid Stockholm repair Yard.



**Tabell 23.** Bedömd mängd utsläppta metaller från tre varv i kg/år





---

## Bilaga 4. Beräkningar

### ***Beräkning av utsläppt mängd metaller i kg/år från spolarbete***

Det är antaget att varvet förbrukar 500m<sup>3</sup> per år för sitt spolarbete och utsläppet är beräknat på ett medelvärde av samtliga analyser av uppslutna prover med spolvatten.

$$\text{Medelhalt [mg/l]} * 500 [\text{m}^3] * 10^{-3} = [\text{kg/år}]$$

*Exempel koppar från spolvatten:*

$$21,7 [\text{mg/l}] * 500 [\text{m}^3/\text{år}] * 10^{-3} = 10,9 [\text{kg/år}]$$

## **Bilaga 5. Analysunderlag från Eurofins**