



UNITED  
BY OUR  
DIFFERENCE



## RAPPORT

F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del  
av Bredgård 1:92, Boxholms kommun

Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets  
nomenklatur för huvudstudie

2013-07-01 reviderad 2013-09-17

Upprättad av: Ann Helén Österås, Jenny Forsberg, Inger Johansson,  
John Sternbeck, Sven Celander

Granskad av: Jenny Seppas och Helena Furst

|                       |                                                                                              |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie  |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                          |                                                                                     |

## RAPPORT

### F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun

### Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur huvudstudie

#### Kund

Sveriges geologiska undersökning  
Box 803  
101 36 Stockholm

#### Konsult

WSP Environmental  
121 88 Stockholm-Globen  
Besök: Arenavägen 7  
Tel: +46 10 722 50 00  
Fax: +46 10 722 87 93  
WSP Sverige AB  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
[www.wspgroup.se](http://www.wspgroup.se)

#### Kontaktpersoner

Ann Helén Österås 010-722 81 54

Jenny Forsberg 010-722 81 41

|                       |                                                                                              |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie  |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                          |                                                                                     |

## Innehåll

|                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>SAMMANFATTNING</b>                                                 | <b>6</b>  |
| <b>1 INLEDNING</b>                                                    | <b>9</b>  |
| 1.1 UPPDRAG OCH SYFTE                                                 | 9         |
| 1.2 BAKGRUND                                                          | 9         |
| 1.3 ÖVERGRIPANDE ÅTGÄRDSMÅL                                           | 10        |
| <b>2 F.D. IMPREGNERINGSOMRÅDET</b>                                    | <b>10</b> |
| 2.3 GEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN                                           | 14        |
| 2.4 HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN                                      | 14        |
| 2.5 BRUNNAR                                                           | 15        |
| <b>3 KOMPLETTERANDE PROVTAGNING</b>                                   | <b>15</b> |
| 3.1 RESULTAT                                                          | 15        |
| <b>4 SAMMANVÄGD FÖRORENINGSSITUATION</b>                              | <b>16</b> |
| 4.1 JORD INOM F.D. IMPREGNERINGSOMRÅDET                               | 17        |
| 4.3 SEDIMENT OCH YTVATTEN INOM OCH NEDSTRÖM F.D. IMPREGNERINGSOMRÅDET | 21        |
| 4.4 DRICKSVATTEN VID BRUNNAR INOM KJUSEBOTORP 4:1                     | 23        |
| <b>5 RISKBEDÖMNING</b>                                                | <b>24</b> |
| 5.1 PROBLEMBESKRIVNING INKL. KONCEPTUELL MODELL                       | 24        |
| 5.2 EXPONERINGSANALYS                                                 | 26        |
| 5.3 EFFEKTANALYS                                                      | 31        |
| 5.4 RISKKARAKTERISERING                                               | 34        |
| 5.5 OSÄKERHETER                                                       | 39        |
| 5.6 SAMMANFATTANDE RISKBEDÖMNING                                      | 40        |
| <b>6 ÅTGÄRDSUTREDNING</b>                                             | <b>41</b> |
| 6.1 KRITERIER                                                         | 41        |
| 6.2 GRUNDFÖRUTSÄTTNINGAR                                              | 42        |
| <b>7 POTENTIELLA ÅTGÄRDSTEKNIKER</b>                                  | <b>43</b> |
| 7.1 URSCHAKTNING OCH OMHÄNDERTAGANDE AV JORD OFF-SITE                 | 44        |
| 7.2 INNESLUTNING GENOM ÖVERTÄCKNING                                   | 45        |
| 7.3 URGRÄVNING OCH BEHANDLING ON-SITE – JORDTVÄTT                     | 46        |
| 7.4 IN SITU BEHANDLING AV FÖRORENAD JORD – STABILISERING              | 47        |
| 7.5 HANTERING AV LÄNSVATTEN                                           | 47        |
| <b>8 STUDERADE ÅTGÄRDSALTERNATIV</b>                                  | <b>48</b> |
| 8.1 DEFINITION AV ÅTGÄRDSALTERNATIV                                   | 48        |
| <b>9 UNDERLAG TILL PROJEKTGRUPPEN INFÖR RISKVÄRDERING</b>             | <b>50</b> |
| 9.1 TEKNISK GENOMFÖRBARHET                                            | 50        |
| 9.2 VOLYM UPPSCHAKTAD OCH HANTERAD JORD                               | 51        |
| 9.3 VOLYM FÖR BORTTRANSPORT                                           | 52        |
| 9.4 BEHOV AV ERSÄTTNINGSMASSOR                                        | 54        |
| 9.5 UTVÄRDERING AV UPPNÅDDA RESULTAT                                  | 55        |
| 9.6 KVARLÄMNANDE FÖRORENINGSMÄNGDER                                   | 57        |

|                       |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |

|           |                                                       |           |
|-----------|-------------------------------------------------------|-----------|
| 9.7       | BELASTNING .....                                      | 58        |
| 9.8       | KVARVARANDE HÄLSO- OCH MILJÖRISKER EFTER ÅTGÄRD ..... | 60        |
| 9.9       | ÅTGÄRDSRELATERADE MILJÖ- OCH HÄLSORISKER .....        | 62        |
| 9.10      | ÅTGÄRDSRELATERADE STÖRNINGAR .....                    | 63        |
| 9.11      | UPPSKATTADE EFTERBEHANDLINGSKOSTNADER .....           | 63        |
| 9.12      | BEHOV AV TILLSTÅND ENLIGT MILJÖBALKEN .....           | 66        |
| <b>10</b> | <b>SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER .....</b>          | <b>66</b> |
| <b>11</b> | <b>REFERENSER .....</b>                               | <b>68</b> |

## Bilagor

|                                                     |           |
|-----------------------------------------------------|-----------|
| Tidigare utredningar                                | Bilaga 1  |
| Provtagningsplan kompletterande provtagning         | Bilaga 2  |
| Genomförande kompletterand provtagning              | Bilaga 3  |
| Fältobservationer                                   | Bilaga 4  |
| Analysrapporter metaller jord                       | Bilaga 5  |
| Analysrapporter organiska jord                      | Bilaga 6  |
| Analysrapporter metaller dricksvatten               | Bilaga 7  |
| Sammanställning metallanalyser jord 2012            | Bilaga 8  |
| Samtliga rådata metaller jord                       | Bilaga 9  |
| Löslighet metaller                                  | Bilaga 10 |
| Uttagsrapporter för platsspecifika riktvärden       | Bilaga 11 |
| Platsspecifik riktvärden - underliggande parametrar | Bilaga 12 |
| Enhetspriser                                        | Bilaga 13 |

## Ritningar

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Planritning provpunkter   | M101      |
| Föroreningshalter arsenik | M200-M203 |
| Föroreningshalter koppar  | M204-M207 |
| Föroreningshalter krom    | M208-M211 |
| Föroreningshalter zink    | M212-M215 |
| Föroreningshalter bly     | M216-M219 |

|                       |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |

## Organisation

Uppdraget har genomförts av följande organisation på WSP:

- Ann Helén Österås - uppdragsansvarig och ansvarig handläggare riskbedömning
- Inger Johansson – fältsamordnare och handläggare
- Magnus Widfeldt – fälthandläggare
- Joachim Westling – fälttekniker
- John Sternbeck – handläggare belastningsberäkning och exponeringsanalys
- Sven Celander – handläggare hydrogeologi
- Jenny Forsberg – handläggare åtgärdsutredning
- Jenny Seppas och Helena Furst - kvalitetsgranskare

Beställarens representanter har varit Kristina Sjödin och Tobias Berglin från SGU. I projektgruppen har deltagit Sara Jonsson van der Heijden från Länsstyrelsen i Östergötland samt Jan Jonsson, Jenny Asp-Andersson och Per-Arne Larsson från Boxholms kommun.



|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

## Sammanfattning

WSP Environmental har på uppdrag av SGU utfört en uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie av ett f.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92 i Boxholms kommun, Östergötlands län.

Inom Boxholms sågverk bedrevs impregneringsverksamhet mellan åren 1946 och 1987. Det är oklart vilket medel som användes före 1973, men från det året användes CCA-medel, som består av koppar, krom och arsenik. Tidigare utredningar inom impregneringsområdet verifierar en förorening orsakad av CCA-medel och visar inte på föroreningar orsakade av impregneringsmedel såsom kreosot eller pentaklorfenol.

Uppdraget har omfattat 1) en kompletterande provtagning av främst vägbanken inom området och impregneringsområdets sydöstra del, 2) en kompletterande provtagning av brunnar inom fastigheten Kjusebotorp 4:1 nedströms impregneringsområdet och 3) en uppdatering av riskbedömning och åtgärdsutredning från tidigare utförd huvudstudie med kompletterande provtagningsresultat samt enligt Naturvårdsverkets nu gällande vägledningsmaterial.

Utredningen ska ligga som underlag till en riskvärdering som ska utföras av projektgruppen (representanter från SGU, Länsstyrelsen i Östergötlands län och Boxholms kommun).

Nya förslag till övergripande åtgärds mål för f.d. impregneringsområdet har tagits fram i aktuell utredning och används som utgångspunkt i denna huvudstudie:

- Området ska kunna nyttjas för mindre känslig markanvändning (industriverksamhet).
- Markföroreningar ska inte utgöra en hälsorisk för yrkesverksamma inom området eller barn och vuxna som tillfälligt vistas inom området.
- Spridning av föroreningar från området ska inte ge upphov till oacceptabel påverkan på grund- och ytvatten (Svartån).

Kompletterande provtagning av vägbanken visar att den inte är förorenad av f.d. impregneringsverksamhet eller att den innehåller förorenade fyllnadsmassor. Under och intill vägbanken förekommer dock fyllning med inslag av tegel, block och slagg, och flera metaller (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn) förekommer i förhöjda halter. Kompletterande provtagning i sydvästra delen av området visar att det är förorenat av arsenik. I övrigt kompletterar resultaten från övriga provpunkter tidigare resultat och har vägts samman med dessa i riskbedömning och åtgärdsutredning.

Provtagningen av tre brunnar inom nedströms fastighet Kjusebotorp 4:1 visar inte på förhöjda halter av föroreningar kopplade till tidigare impregneringsverksamhet i den nya borrade brunnen på 100 m djup eller den grävda brunnen på 3 m djup. I samtliga brunnar förekom koppar, zink och bly i förhöjda halter. I den borrade brunnen på 8,7 m djup påträffades även förhöjda halter av arsenik. I denna brunn förekom även högst halter av övriga metaller.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

De nya resultaten har vägts samman med tidigare resultat från området för att karaktisera föroreningsituationen. Potentiella föroreningskällor inom det f.d. impregneringsområdet bedöms huvudsakligen utgöras av tryckimpregneringsverksamheten vid tuben, men även förvaringsplats för kemikalier och torkplatser efter tryckimpregnering bedöms vara potentiellt direkta föroreningskällor. Indirekta föroreningskällor inom impregneringsområdet bedöms vara omflyttning av jordmassor inom området samt externt tillkomna fyllningsmassor med bland annat slagginnehåll. Utförd huvudstudie fokuserar på ämnen kopplade till impregneringsverksamheten nämligen arsenik, koppar och krom, vilka är de föroreningar som förekommer i högst halter inom området.

Förorening orsakad av historisk tryckimpregnering med CCA-medel bedöms vara begränsad till tre delområden (D, E och G) söder om vägbanken. Störst påverkan ses vid in- och utgången till tidigare tryckcylinder (område D). Där påträffas arsenik, koppar och krom i mycket höga halter. Söder om tidigare tryckcylinder (område G) förekommer också höga halter av arsenik, koppar och krom och öster om tryckcylindern (område E) påträffas främst arsenik, men även koppar och krom, i förhöjda halter.

Inom de förorenade områdena (D, E, G) påträffas föroreningen i både fyllning och naturlig underliggande morän. Förorening har påträffats från markytan och ner till mellan 2,5-3 m, men är inte avgränsad. I område D och G förekommer tydligt högre halter av arsenik, koppar och krom i markytan, medan inom område E så ses endast en skillnad i halter i djupled för koppar. Förorening förekommer i både omättad och mättad mark.

Totalt har det förorenade området av tidigare impregneringsverksamhet uppskattats till ca 10 000 m<sup>2</sup> och volymen förorenade massor till ca 26 000 m<sup>3</sup>. Totala mängden arsenik inom området har uppskattats till 11 ton, varav 4 ton bedöms förekomma inom området närmast in- och utgången till tidigare tryckcylinder (område D).

Riskbedömningen visar att det finns ett behov av riskreduktion inom f.d. impregneringsområdet för att: Säkerställa acceptabla hälsorisker på kort och lång sikt i ytlig jord inom område D, G och E (arsenik); Säkerställa acceptabla hälsorisker på lång sikt i djup jord inom område D och G (arsenik); Förbättra markmiljön i ytlig jord (As – D, G och E; Cu och Cr – område D och G); Minska belastningen av arsenik på grund- och ytvatten (område D).

Arsenik bedöms bli styrande för åtgärdsbehovet. För att reducera hälsoriskerna bör exponeringen av människor minskas, vilket kan uppnås genom att förhindra kontakten med jord eller genom att minska halterna i jord. Riskreduktion för markmiljön kan endast uppnås genom att minska halterna i jord. För spridning till ytvatten och grundvatten kan en riskreduktion uppnås genom att minska spridningen från området eller genom att minska halterna i området.

I åtgärdsutredningen har 7 alternativa åtgärdsförslag (förutom ett nollalternativ som motsvarar nuläge) tagits fram, som i olika omfattningar och på olika sätt syftar till att minska riskerna för människa och miljö på plats och i omgivningen. Alternativen omfattar olika tekniker: urschaktning med efterföljande borttransport till mottagningsanläggning, urschaktning med efterföljande jordtvätt (in situ), stabilisering (in situ) och övertäckning. Teknikerna har i de olika åtgärdsförslagen använts enskilt eller kombinerats.

|                       |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |

Syftet har varit att ta fram underlag till riskvärderingen. Riskvärderingen ska sedan utföras av projektgruppen. I riskvärderingen jämförs de olika åtgärdsalternativen genom att de värderas avseende olika kriterier. Underlag har tagits fram för följande kriterier: Teknisk genomförbarhet, Uppnådda resultat (kvarlämnade mängder och halter), Kvarvarande miljö- och hälsorisker, Åtgärdsrelaterade effekter – hälsa, miljö, störningar, klimatpåverkan, Totalkostnader och kostnadseffektivitet samt Behov av tillstånd enligt miljöbalken.

Utifrån framtaget underlag bedöms en riskvärdering kunna utföras enligt Naturvårdsverkets vägledning ”Att välja efterbehandlingsåtgärd”. I slutet av riskvärderingen bör ett bästa åtgärdsalternativ kunna väljas.



|                       |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |

# 1 Inledning

## 1.1 Uppdrag och syfte

WSP Environmental har på uppdrag av SGU utfört en uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie av ett f.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92 i Boxholms kommun, Östergötlands län.

Syftet med uppdraget är att genomföra en uppdaterad huvudstudie enligt Naturvårdsverkets nomenklatur, vilket enligt överenskommelse med SGU ska omfatta:

- Kompletterande provtagning av vägbank och impregneringsområdets syd-östra del.
- Kompletterande provtagning av ny brunn inom fastigheten Kjusebotorp 4:1, öster om impregneringsområdet.
- Uppdaterad riskbedömning och åtgärdsutredning från tidigare utförd huvudstudie med kompletterande provtagningsresultat enligt Naturvårdsverkets nu gällande vägledningsmaterial.

Utredningen ska ligga som underlag till riskvärderingen, vilken utförs av projektgruppen.

## 1.2 Bakgrund

Ett flertal markundersökningar genomfördes inom den f.d. impregneringsplatsen under åren 1989 till 2000, se sammanställning i Bilaga 1. År 2005 utförde WSP på uppdrag av Länsstyrelsen i Östergötland delar av en huvudstudie för impregneringsområdet. Förutom identifiering av åtgärdsbehov för att reducera risken för negativa miljö- och hälsoeffekter visade huvudstudien på ett behov av ytterligare provtagning inom området (WSP, 2005). Sedan upprättande av huvudstudien år 2005 har Naturvårdsverket publicerat uppdaterade vägledningar, speciellt avseende utförande av en åtgärdsutredning, vilket har medfört behov av uppdatering av tidigare utförd huvudstudie.

|                       |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |

### 1.3 Övergripande åtgärds mål

Följande övergripande åtgärds mål används som utgångspunkt för aktuell huvudstudie av det f.d. impregneringsområdet vid Boxholms sågverk:

- Området ska kunna nyttjas för mindre känslig markanvändning (industriverksamhet).
- Markföroreningar ska inte utgöra en hälsorisk för yrkesverksamma inom området eller barn och vuxna som tillfälligt vistas inom området.
- Spridning av föroreningar från området ska inte ge upphov till oacceptabel påverkan på grund- och ytvatten (Svartån).

Åtgärds målen är omarbetade från tidigare förslag till övergripande åtgärds mål i huvudstudien 2005 och har stämts av med SGU, miljömyndigheten i Boxholms kommun och Länsstyrelsen i Östergötlands län.

## 2 F.d. impregneringsområdet

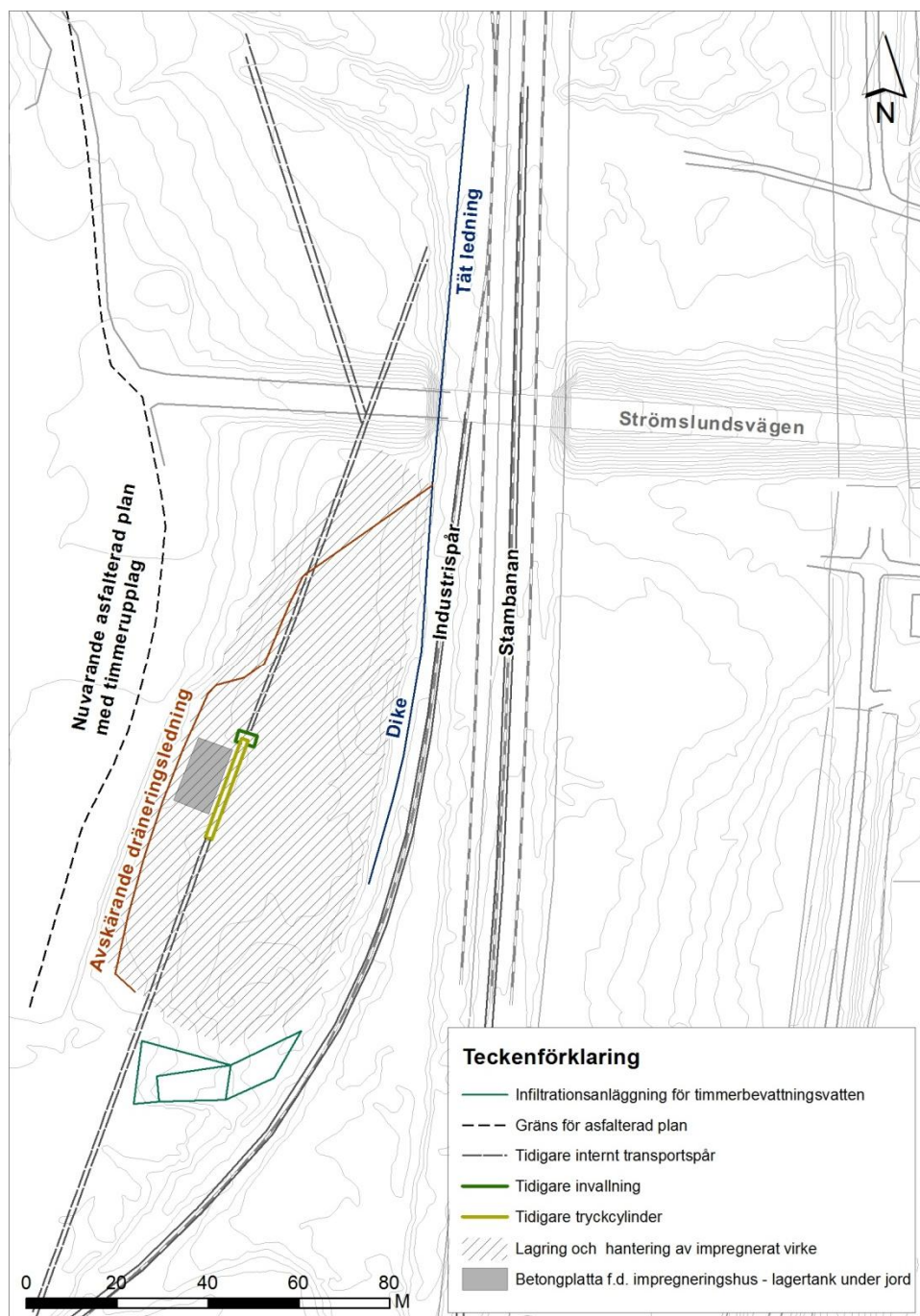
Objekts- och platsspecifika förutsättningar identifierade för det f.d. impregneringsområdet i tidigare utredningar och i nu tillgängliga digitala arkiv sammanställs kortfattat nedan och utgör underlag för aktuell utredning, speciellt förutsättningar för riskbedömning och åtgärdsutredning.

### 2.1 Impregneringsverksamheten

Inom Boxholms sågverk bedrevs impregneringsverksamhet mellan åren 1946 och 1987. Det är oklart vilket medel som användes före 1973, men från det året användes CCA-medel, som består av koppar, krom och arsenik. Vilka aktiviteter som skett inom respektive del av impregneringsområdet presenteras schematiskt i Figur 1. För mer information om tidigare bedriven verksamhet hänvisas till tidigare utredningar, se Bilaga 1.

Tidigare utredningar inom impregneringsområdet verifierar en förorening orsakad av CCA-medel och visar inte på föroreningar orsakade av impregneringsmedel såsom kreosot eller pentaklorfenol.

|                       |                                                                                              |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie  |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                          |                                                                                     |



**Figur 1.** Schematisk översikt av bedrivna aktiviteter inom impregneringsområdet (Källa: egen bearbetning av information från tidigare utredningar, se Bilaga 1).



|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

## 2.2 Områdesbeskrivning

Det f.d. impregneringsområdet är ca 20 000 m<sup>2</sup> och ligger inom sydöstra delen av fastigheten Bredgård 1:92 i södra utkanten av Boxholm, se Figur 2. Fastigheten ägs av Rörvik Timber Boxholm AB. Idag bedrivs ingen aktiv verksamhet inom aktuellt område och området är inhägnat och i stora delar täckt av sly. Inom övriga delar av fastigheten bedrivs sågverkssamhet.

Impregneringsområdet avgränsas i öster av stambanan, i väster av sågverkets upplag för timmersorting samt i norr och söder av övriga delar av sågverksområdet, se Figur 1 och Figur 2. Impregneringsområdet sluttar mot öster, ner mot stambanan. Gränsen i väster mellan timmerplanen och impregneringsplatsen utgörs av en 1-2 m hög slänt. I slänten ligger marknivån på ca +153 m ö h och vid stambanan i öster på ca +149 - 150 m ö h. Stora delar av impregneringsområdet däremellan är flackare och ligger omkring + 152 m ö h.



**Figur 2.** Översiktsbild och närbild över aktuellt undersökningsområde i Boxholm. Boxholms sågverks f.d. impregneringsområde inom del av Bredgård 1:92 är markerat med rött. Sedi-mentationsdammar vid Svartån är markerade med röd stjärna. Källa: Egen bearbetning av Lantmäteriet/Metria/respektive kommun.

|                       |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |

Inom f.d. impregneringsområdet går ett industrispår längs med stambanan i nord-sydlig riktning som sedan viker av mot väster och sågverksområdet, se Figur 1. Väster om industrispåret finns ett dike som övergår i en kulverterad dagvattenledning utmed stambanan. Dagvattenledningen mynnar i två sedimentationsdammar belägna ca 600 m norr om impregneringsområdet intill järnvägsbron vid Svartån, se Figur 2. Mellan timmerplanen och slänten går en dräneringsledning på 1,5 – 3 m djup som går till ovan nämnda dagvattenledning utmed stambanan, se Figur 1. Dräneringsledningen anlades 1991 för att förhindra urlakning av föroreningar i jord till följd av högt grundvatten och översilning av bevattningsvatten från närliggande timmerupplag. Delar av f.d. impregneringsområdet har historiskt perioder varit vattenmättad till markytan.

Dagens sågverksamhet väster om f.d. impregneringsområdet omfattar bland annat vattenbegjutning av timmer med tillhörande sedimentationsdamm, som är belägen vid sågverkets timmerplan strax sydväst om impregneringsområdet. Vattnet från begjutningen samlas upp i och går till en distributionsbrunn och ett makadamfilter, som ligger i södra delen av f.d. impregneringsområdet (vidare kallat infiltrationsanläggning för timmerbevattning), se Figur 1. Efter reningen avleds vattnet till diket längs med industrispåret. Rörvik Timber Boxholm AB har fått krav på sig att leda vattnet till en annan plats än till anläggningen som ligger inom impregneringsområdet.

Norr om impregneringsområdet gick tidigare en väg i öst-västlig riktning. Denna väg (Strömslundsvägen) flyttades ca 70 m söderut in på impregneringsområdet någon gång mellan 1974 och 1984 och ligger idag på en hög vägbank som ansluter till en bro över stambanan. Idag används bron enbart för gångtrafik.

Söder om impregneringsområdet och sågverksområdet anlägger Jernhusen en servicedepå för tågtrafik (Jernhusen, 2012). Anläggningen av servicedepå innebär att befintligt industrispår i den östra och södra delen av impregneringsområdet kommer att restaureras genom byte av överballast, från brobanken till upplagsområdet för timmer, samt att ett nytt spår på knappt 200 m kommer att anläggas utmed befintlig stambana. Det innebär även att förorenade massor vid det nya spåret kommer att åtgärdas (Jernhusen, 2012).



|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

## 2.3 Geologiska förhållanden

Enligt tidigare utredningar består de naturliga marklagren inom undersökningsområdet av sandig, siltig morän med linser av sediment bestående av sand, silt och ler. Geotekniska undersökningar indikerar att moränen kan vara blockig (WSP, 2005). Blockhalten kan uppgå till uppemot 15 % och block med storlek > 5 m<sup>3</sup> återfinns både på djupet och i markytan. Finjordshalten<sup>1</sup> varierar mellan 50 % och 78 %. Moränen underlagras av berg och över moränen finns fyllnadsmassor bestående av sand, grus, sten och slagg med en varierande mäktighet mellan ca 0,5 och 2 m.

## 2.4 Hydrogeologiska förhållanden

Inom området finns en akvifär i fyllningen/friktionsjorden. Grundvatten kan antas förekomma ställvis i fyllningen under snösmältning och övriga perioder med mycket nederbörd. Av tidigare utredning kan bland annat utläsas att grundvattennivån inom f.d. impregneringsområdet i maj 2005 låg mellan ca +148 och +151 m ö h, vilket motsvarade ca 0,5 – 2,5 m under befintlig markyta (WSP, 2005).

Den lokala grundvattenströmningen bedöms utifrån nivåmätningarna, topografin och avstånd till ytvattenrecipient (Svartån) i huvudsak ske åt öster, och delvis mot söder i södra delen av området. Grundvattnets nivå och/eller strömningsriktning påverkas troligen av diket längs med industrispåret samt den dräneringsledning som finns väster om området, se Figur 1. Grundvattennivån påverkas troligen även av den infiltrationsanläggning för timmerbevattning som ligger i södra delen av området.

Marken inom impregneringsområdet är inte hårdgjord. Nederbörd infiltrerar fyllningsjorden och bilda grundvatten, eller rinner av som markvatten österut till diket längs med industrispåret. Grundvattnet i fyllningen transporteras också österut till ovan nämnda dike. Dessutom sker en långsam transport av grundvatten neråt i underliggande siltig morän. Grundvattnet i fyllningsjorden kan på vissa platser rinna under diket och stambanan för att där antingen rinna ut i ett dike öster om stambanan eller infiltrera i underliggande morän och därifrån rinna vidare österut mot Svartån.

Vattnet i diket intill industrispåret går via en kulvert till sågverkets två sedimentationsdammar belägna intill järnvägsbron över Svartån (ca 600 m norr om impregneringsområdet) som utmynnar i Svartån, se Figur 2. Även diket öster om Stambanan mynnar i Svartån. Svartån bedöms vara den huvudsakliga ytvattenrecipienten för f.d. impregneringsområdet. Svartån tillhör Motala Ströms vattenavrinningsområde. Nedre delen av Svartån rinner från sjön Sommen i Småland till sjön Roxen i Östergötland. Vattenföringen i Svartån regleras vid Sommens utlopp.

<sup>1</sup> Finjordshalt = andelen som är mindre än ca 2 mm

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

## 2.5 Brunnar

Öster om stambanan, cirka 100 m öster om impregneringsområdet, ligger Kjusebotorp 4:1 med en semesterbostad med tre tillhörande brunnar och ytterligare cirka 400 m österut ligger Svartån. Enligt uppgifter från fastighetsägaren till Kjusebotorp 4:1 är den ena brunnen grävd och används endast för bevattning, medan de andra två brunnarna är borrhade och används som dricksvatten i bostadshuset. Totaldjupet på den ena borrhade brunnen är 8,7 m, varav 4,2 m är i jord och 4,5 m i berg (SGU:s brunnsarkiv: [www.sgu.se](http://www.sgu.se)). Den andra brunnen är enligt fastighetsägaren borrhad till ett djup av 100 m. År 2005 var den borrhade brunnen på 8,7 m ansluten till förzinkade rör och inne i huset fanns det då gamla kopparrör. År 2008 byttes enligt fastighetsägaren alla gamla rör från brunnarna in till huset ut till plaströr. Inne i huset byttes även ledningar och hydrofor ut. Vattnet från de två borrhade brunnarna leds in till huset via separata ledningar till den gemensamma hydrofonen.

## 3 Kompletterande provtagning

På önskemål av SGU genomförde WSP kompletterande provtagning inom främst undersökningsområdets sydöstra del och i vägbanken belägen inom norra delen av f.d. impregneringsområdet den 5 september 2012. Inför utförande av provtagningen upprättades en provtagningsplan i samråd med SGU, Länsstyrelsen och Boxholms kommun. Provtagningsplanen bifogas i bilaga 2. Provtagningen har genomförts enligt planen med följande justeringar:

- Två punkter i sydöstra delen fick provtas med spade istället för med borrhandvagn p.g.a. att det inte gick att ta sig med maskin till dessa punkter på ett säkert sätt.
- Två punkter norr om vägbanken fick provtas med grävmaskin istället för med borrhandvagn för att hinna med alla provpunkter.
- En extra punkt provtogs söder om f.d. tryckcylindern.
- Vattenprov från Kjusebotorp 4:1 togs av fastighetsägaren från samtliga tre brunnar efter önskemål från fastighetsägaren.

Genomförandet och omfattningen av provtagningen redovisas i bilaga 3. Nedan presenteras kortfattat resultatet.

### 3.1 Resultat

Fältobservationer och utförda laboratorieanalyser redovisas i bilaga 4. Analysprotokollen presenteras i bilaga 5-7 och i bilaga 8 presenteras en sammanställning av metallanalyserna i jord. Provpunkternas lägen i plan framgår av ritning M101 där även samtliga tidigare provpunkter inom området redovisas.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

Utförd kompletterande provtagning av vägbanken visar att den är uppbyggd av sprängsten och sand. Inga indikationer på föroreningsförekomst noterades vid provtagningen. Under vägbanksmaterialet och i provtagna punkter invid vägbanken påträffades fyllningsjord med inslag av tegel, block och slagg, se bilaga 4.

### 3.1.1 Jord

Utförda jordanalyser verifierar fältindikationer av vägbanksmaterialet och fyllningsjorden kringliggande vägbanken. I totalt två analyserade prov från vägbanken detekterades inga oljekolväten över laboratoriets rapporteringsgräns och metallhalterna var i samtliga prov (n=9) lägre än  $KM^2$ . I fyllningsjorden under och intill vägbanken förekom dock förhöjda halter av flera metaller (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn). Inom sydöstra delen påträffades arsenik i halter  $>MKM^3$ . Under industrispåret förekom arsenik i halter  $>MKM$  på större djup än 1,3 m. Dessa och övriga kompletterande resultat utvärderas tillsammans med tidigare provtagningsresultat i kapitel 4.

### 3.1.2 Dricksvatten

Vattenprover tagna ur kran från samtliga tre brunnar från sommarbostaden på Kjusbotorp 4:1 analyserades med avseende på metaller. Resultaten från dessa analyser presenteras tillsammans med tidigare uppmätta halter i kapitel 4.4. Laboratorierapporter presenteras i bilaga 7.

## 4 Sammanvägd föroreningssituation

Potentiella föroreningskällor inom det f.d. impregneringsområdet bedöms huvudsakligen utgöras av tryckimpregneringsverksamheten vid tuben, men även förvaringsplats för kemikalier och torkplatser efter tryckimpregnering bedöms vara potentiellt direkta föroreningskällor. Indirekta föroreningskällor inom impregneringsområdet bedöms vara omflyttning av jordmassor inom området samt externt tillkomna fyllningsmassor med bland annat slagginnehåll. Tryckimpregneringen med CCA-medel orsakar som samlingsnamnet antyder i första hand koppar-, krom- och arsenikföroreningar. Vissa CCA-medel innehåller även andra metaller i sin specifika impregneringsprodukt, exempelvis kan vissa sorters Bolidensalt, som använts vid Boxholms sågverk, även innehålla förhöjda zinkhalter. I tidigare huvudstudie utslöts förekomsten av föroreningar orsakade av andra impregneringsmedel såsom PAH och klorfenoler (WSP, 2005).

<sup>2</sup> Naturvårdsverkets generella riktvärde för känslig markanvändning, KM

<sup>3</sup> Naturvårdsverkets generella riktvärde för mindre känslig markanvändning, MKM

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

#### 4.1 Jord inom f.d. impregneringsområdet

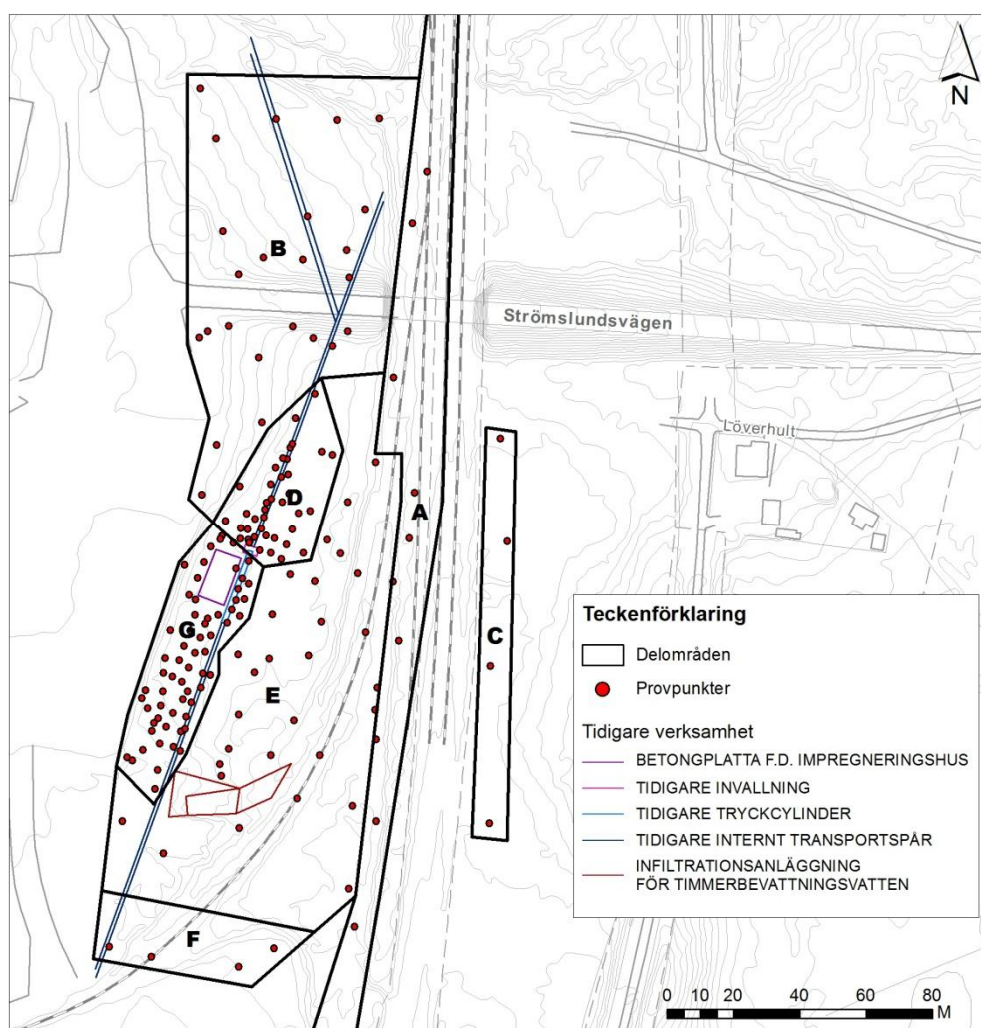
Underlag från tidigare och nu kompletterande provtagning har sammanställts, se bilaga 9 och haltkartor för arsenik, krom, koppar, bly och zink i ritning M200 – M219 för olika djup under markytan. Observera att haltkartorna inte omfattar halt-data från vägbanken. Vid vägbanken har marknivån ansatts till nivån från fyllningen direkt under vägbanken. Utifrån sammanställningen har föroreningsens utbredning i plan och profil analyserats och halter av kritiska föroreningar i jorden har sammanställts statistiskt för att ta fram representativa halter och mängder, se även kapitel 5.2. Baserat på tidigare bedriven verksamhet (läge trycktub m.m.) och påvisade föroreningars utbredning bedöms att det f.d. impregneringsområdet avseende jord kan indelas i sju delområden (A-G; Figur 3):

- A. Östra delen av området - Inom denna del förekommer förhöjda halter av arsenik. Tidigare har området troligen använts för lagring av impregnerat virke. Området tillhör Jernhusens planområde och omfattas av åtgärder inför anläggande av ett depåspår (Jernhusen, 2012). Därför behandlas inte området vidare i denna utredning.
- B. Norra och nordvästra delen av området – I denna del förekommer mycket slagg i fyllningsjorden och föroreningssituationen bedöms vara annorlunda än i övriga delar. Inom område B förekommer, förutom mycket slagg, bly och zink i mycket höga halter och även förhöjda halter av kadmium, barium, arsenik, krom, kobolt, koppar, nickel och vanadin. Vägbanken som provtogs inom aktuell huvudstudie, och som inte innehåller förhöjda metallhalter, ligger inom område B.
- C. Avgränsning i öster – inga förhöjda metallhalter har påträffats i denna del vid tidigare utredningar (Grontmij, 2011a).
- D. Norr om tidigare tryckcylinder (inkluderar in- och utgång till trycktuben) – Inom denna del förekommer mycket höga halter av arsenik, koppar och krom. Föroreningen förekommer genom hela fyllningsjorden ner i naturligt underliggande material. Förorening har påträffats ner till 2,5 m under markytan, men är inte avgränsad. Grundvattennivån i området har vid tidigare utredningar uppmätts till 1,4 m u markytan. Föroreningar förekommer således både i mättad och omättad zon i område D.
- E. Öster om tidigare tryckcylinder – här förekommer främst arsenik, men även koppar och krom i förhöjda halter. Området har tidigare troligen använts för lagring av impregnerat virke. Norra delen av område E bedöms ligga nedströms det mest förorenade området (där tryckcylindern låg, dvs. område D). Föroreningen förekommer genom hela fyllningsjorden ner i naturligt underliggande material. Förorening har påträffats ner till 2,5-3 m under markytan, men är inte avgränsad. Grundvattennivån i området har vid tidigare utredningar uppmätts till 1,4 m u markytan inom den norra delen och

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

0,8 m u markytan inom den södra delen. Föroreningar förekommer således både i mättad och omättad zon inom område E.

- F. Avgränsning i söder – här har inga förhöjda halter av metaller påträffats.
- G. Söder om tidigare tryckcylinder – Inom denna del förekommer höga halter av arsenik, krom och koppar i fyllningsjorden och naturligt material. Förorening har påträffats ner till 2,5-3 m under markytan, men är inte avgränsad. Grundvattennivån i området har i tidigare utredning uppskattats till 1,5 m u markytan i väster till 0,5 m u markytan i sydöst (WSP, 2005). Föroreningar förekommer således både i mättad och omättad zon inom område G.



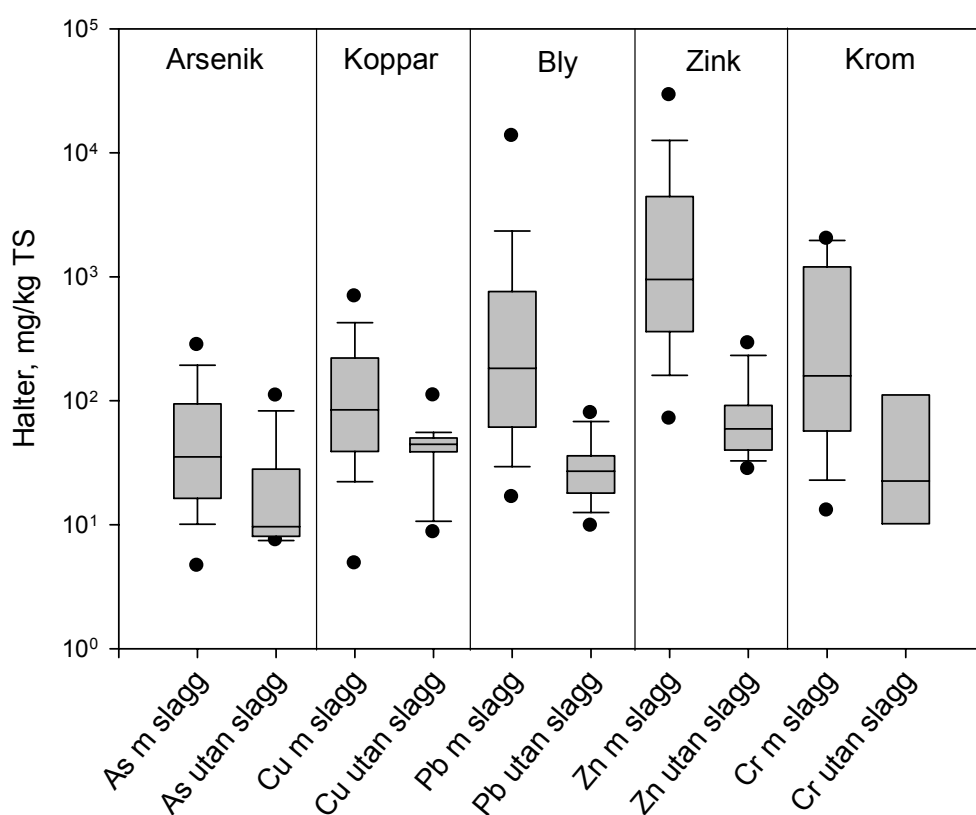
**Figur 3.** Delområdesindelning av undersökningsområdet vid f.d. Boxholms impregneringsplats samt uppgifter om provpunkters och tidigare verksamhets placering.

Inom område B förekommer mycket slagg och fler metaller påträffas i förhöjda halter än arsenik, koppar och krom. Slagg påträffas även inom övriga områden, men i betydligt mindre mängder. För att bedöma om område B även kan vara påverkat av



|                       |                                                                                              |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie  |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                          |                                                                                     |

tidigare impregneringsverksamhet har halter av arsenik, koppar, krom, bly och zink i prover med och utan slagg från område B sammanställts, se Figur 4. Av figuren framgår att verksamhetsrelaterade metaller (arsenik, koppar och krom) främst förekommer i förhöjda halter i prover med slagg där även halter av zink och bly är förhöjda. I övriga prov är halterna av samtliga metaller avsevärt lägre varför vi bedömer att område B inte är förorenat av tidigare impregneringsverksamhet. Därför behandlas område B inte vidare.



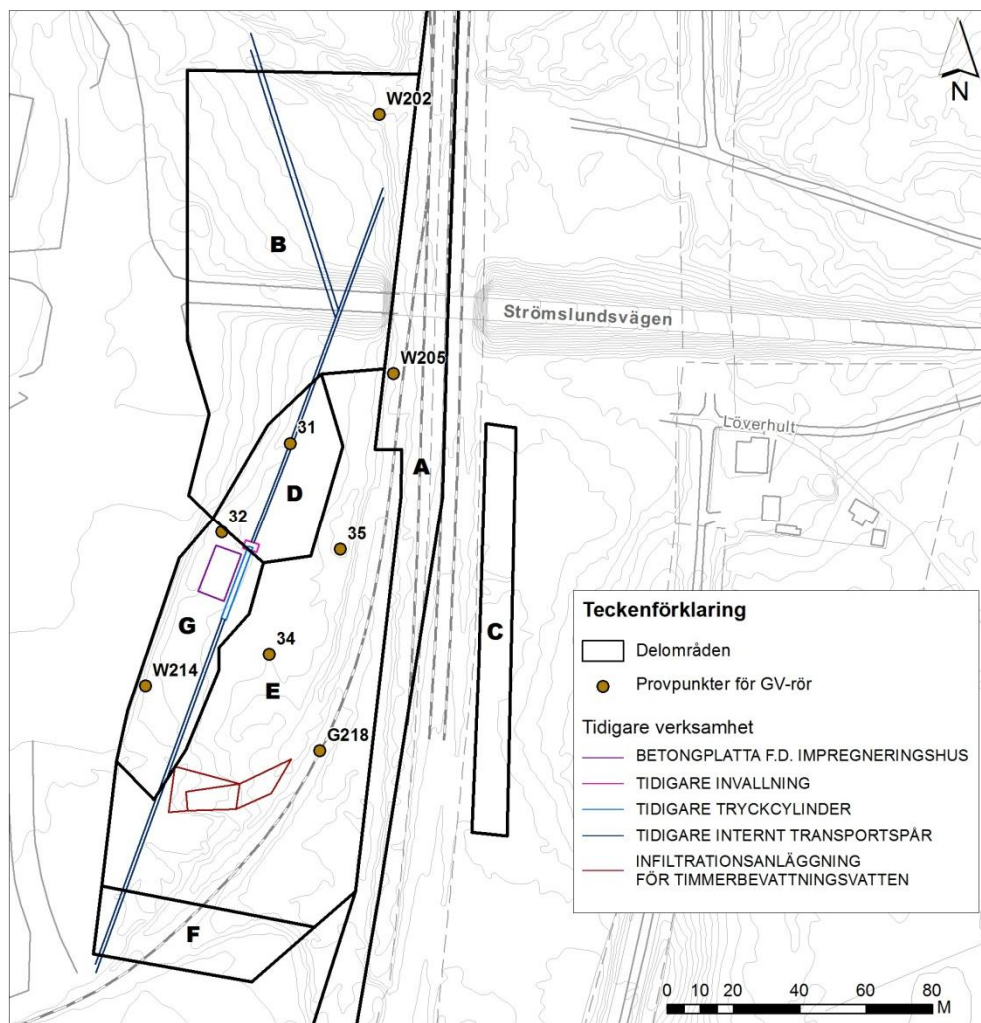
**Figur 4.** Halter av arsenik, koppar, bly, zink och krom inom delområde B i prov med och utan slagg. Observera att skalan är logaritmisk. Den grå boxens under- och överkant representerar 25- respektive 75-percentilen av uppmätta halter. Linjen i boxen visar medianhalten. Staplarna representerar 5- och 95-percentilen och de svarta prickarna den högsta och lägsta uppmätta halten.

Av samtliga sju delområden inom f.d. impregneringsområdet, A-G, bedöms område D, E och G vara tydligt påverkade av tidigare impregneringsverksamhet och övriga områden behandlas inte vidare i aktuell utredning.

|                       |                                                                                              |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie       |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                          |                                                                                     |
|                       |                                                                                              |                                                                                     |

## 4.2 Grundvatten inom f.d. impregneringsområdet

I samband med WSPs undersökning 2005 togs vattenprover från 5 grundvattenrör (W202, W205, 31, 34 och 35) inom sågverksområdet (PEH-rör), se Figur 5. Dessa prover filterades innan analys. I Tabell 1 presenteras uppmätta halter.



**Figur 5.** Grundvattenrör inom impregneringsområdet. Samtliga provnummer utom 32 och G218 har i huvudstudien år 2005 använts för nivåmätningar och/eller analys av metallhalter. Provnr G218 ingick i Grontmijs undersökning år 2011.

Grundvattnet är tydligt påverkat av arsenik i hela området. Samtliga uppmätta arsenikhalter överskrider det nationella referensvärdet. Störst påverkan ses i område E nedströms de mest förorenade markområdena (D och G).

Grundvattnet är även påverkat av krom och koppar. Störst påverkan avseende krom ses i grundvattnet i område D, där högst halt av denna metall i marken påträffats,

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

men även nedströms område D och G är halterna av krom något förhöjda. Förhöjda halter av koppar uppmättes i område A (nedströms B, D och E).

Även halterna av bly, kadmium, kvicksilver, nickel och zink analyserades i proverna. Referensvärdet för kadmium överskreds i punkt W 205 (område A).

**Tabell 1.** Metallhalter i grundvattenprov. Enhet i µg/l. Halter över bakgrund anges med fet stil. Halter över något av referensvärdena anges med understruken fet stil.

|                        | As                | Cr             | Cu        |
|------------------------|-------------------|----------------|-----------|
| <b>Referensvärden</b>  |                   |                |           |
| Bakgrundshalt*         | 1                 | 1              | 6         |
| <b>Uppmätta halter</b> |                   |                |           |
| Delområde B - W202     | <b>7</b>          | <b>&lt;2,0</b> | 4         |
| Delområde A - W205     | <b>4,0</b>        | 0,70           | <b>14</b> |
| Delområde D – 31       | <b><u>56</u></b>  | <b>23</b>      | 6,1       |
| Delområde E – 34       | <b><u>210</u></b> | <b>2,6</b>     | <1,0      |
| Delområde E – 35       | <b><u>470</u></b> | <b>2,9</b>     | <1,0      |

\* Referensvärden för grundvatten på nationell nivå (SGU-FS 2008:2)

Vid Grontmij's undersökning år 2011 togs vattenprover från 5 grundvattenrör (metall), varav ett inom f.d. impregneringsområdet (G218). Proverna filtrerades inte innan analys och p.g.a. dålig tillrinning av grundvatten omsattes endast vattnet i ett rör innan provtagningen. De stora skillnaderna i provtagningsmetodik gör att det inte går att utföra en korrekt jämförelse mellan de värden som WSP uppmätte 2005 och de Grontmij uppmätte 2011. Provtagningen som Grontmij utförde bekräftar dock att grundvattnet inom impregneringsområdet är förorenat av främst arsenik, men även att andra metaller förekommer i förhöjda halter (Grontmij, 2011).

### 4.3 Sediment och ytvatten inom och nedström f.d. impregneringsområdet

I samband med WSPs undersökning av området 2005 togs sediment- och ytvattenprover från diket inom området, sedimentationsdammarna vid järnvägsbron samt Svartån (WSP, 2005). Ytvatten från sedimentationsdammen och Svartån provtogs med passiva provtagare. År 2011 undersökte även Grontmij metallhalter i ytvatten i diket inom impregneringsområdet (Grontmij, 2011). Uppmätta halter av arsenik, krom och koppar presenteras i Tabell 2 (sediment) och Tabell 3 (ytvatten). Samtliga uppmätta halter i ytvatten utom det från 2011 avser lösta halter. Provet från 2011 avser totalhalter.

|                       |                                                                                              |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie       |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                          |                                                                                     |

**Tabell 2.** Metallhalter (mg/kg TS) i sedimentprov jämfört med bakgrundshalter enligt Naturvårdsverket (2000). Halter över bakgrund anges med fet stil.

|                                          | As         | Cr         | Cu        |
|------------------------------------------|------------|------------|-----------|
| <b>Referensvärden</b>                    |            |            |           |
| Bakgrundshalt*                           | 10         | 15         | 20        |
| <b>Uppmätta halter</b>                   |            |            |           |
| Dike i sydost (0-0,2 m)                  | <b>58</b>  | <b>40</b>  | <b>21</b> |
| Dike i nordost (0-0,2 m)                 | <b>11</b>  | <b>18</b>  | 9,9       |
| Östra sedimentationsdammen (0-0,3 m)     | <b>28</b>  | <b>100</b> | <b>21</b> |
| Västra sedimentationsdammen (0-0,3 m)    | <b>13</b>  | <b>78</b>  | 12        |
| Svartån nedströms järnvägsbron (0-0,1 m) | <b>7,5</b> | <b>29</b>  | 16        |
| Svartån uppströms järnvägsbron (0-0,1 m) | <b>16</b>  | <b>45</b>  | <b>21</b> |

\* Naturvårdsverket (2000).

**Tabell 3.** Metallhalter (µg/l) i ytvattenprov jämfört med regionala bakgrundshalter från SLU (2009). Halter över bakgrund anges med fet stil.

|                                     | Provtagning | As        | Cr         | Cu    |
|-------------------------------------|-------------|-----------|------------|-------|
| <b>Referensvärden</b>               |             |           |            |       |
| Bakgrundshalt*                      |             | 0,4-0,7   | 0,4-1,3    | 1-3   |
| <b>Vattenprov</b>                   |             |           |            |       |
| Dike vid W222 (filtrerat)           | 2005        | <b>27</b> | 0,75       | 1,5   |
| Dike vid G218 (ofiltrerat)          | 2011        | <b>16</b> | <b>1,8</b> | <1,3  |
| <b>Passiva provtagare**</b>         |             |           |            |       |
| Punkt 238 Svartån uppströms JV-bron | 2005        | —         | 0,0035     | 0,043 |
| Punkt 239 Svartån nedströms JV-bron | 2005        | —         | 0,0047     | 0,12  |
| Punkt 240 Östra sedimentationsdamm  | 2005        | —         | 0,0095     | 0,47  |

\* SLU (2009). \*\* Halterna uppmätta med passiva provtagare är beräknade utifrån diffusionskoefficienter för de olika ämnena. Vattnets faktiska omsättningstid är inte känd.

Metallhalterna är förhöjda i samtliga sedimentprov, se Tabell 2. De högsta halterna återfanns i diket inom impregneringsområdet och i sedimentationsdammarna dit ytvatten från området avrinner.

Även ytvatten från diket innehöll förhöjda metallhalter (Tabell 3), vilket visar att spridning av föroreningar till diket och sedimentationsdammarna sker och har skett. Diket och sedimentationsdammarna utmynnar i Svartån och även där har förhöjda halter av metaller påträffats i sedimenten (Tabell 2). Halterna var dock förhöjda både uppströms och nedströms utsläppspunkten från sedimentationsdammarna, vilket indikerar att det kan förekomma andra föroreningskällor till Svartån än Boxholms impregneringsområde som aktuell undersökning inkluderar.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

#### 4.4 Dricksvatten vid brunnar inom Kjusebotorp 4:1

Resultaten från provtagningen 2012 av vatten ur kran från tre brunnar inom sommarbostaden Kjusebotorp 4.1 redovisas tillsammans med resultaten från provtagningen år 2005 i Tabell 4.

**Tabell 4.** Metallhalter i dricksvatten år 2005 och 2012 vid semesterbostaden inom Kjusebotorp 4:1, 100m öster om f.d. impregneringsområdet, jämfört med referensvärden för grundvatten på nationell nivå (SGU-FS 2008:2) och Socialstyrelsens allmänna råd om försiktighetsmått för dricksvatten (SOF 2003:17). Enhet i µg/l. Halter över referensvärde anges med **fet stil**. Halter över riktvärde tjänligt med anmärkning anges med *kursiv fet stil* och riktvärde otjänligt anges med understruken fet stil.

|                                        | Provtagning:          | As         | Cr         | Cu         |
|----------------------------------------|-----------------------|------------|------------|------------|
| <b>Referensvärden</b>                  |                       |            |            |            |
| Referensvärde*                         |                       | 1          | 1          | 6          |
| Riktvärde otjänligt**                  |                       | 10         | 50         | 2000       |
| Riktvärde tjänligt med anmärkning**    |                       | —          | —          | 200        |
| <b>Uppmätta halter Kjusebotorp 4:1</b> |                       |            |            |            |
| Borrad brunn 8,7 m                     | 05-05-26 (filtrerat)  | <b>2,9</b> | <0,5       | <b>810</b> |
| Borrad brunn 8,7 m                     | 05-11-12 (ofiltrerat) | <b>8,8</b> | <b>2,4</b> | <b>470</b> |
| Borrad brunn 8,7 m                     | 12-09-21 (ofiltrerat) | <b>7,1</b> | <b>1,4</b> | <b>290</b> |
| Grävd brunn 3 m                        | 12-09-21 (ofiltrerat) | <b>1,6</b> | <b>1,2</b> | <b>48</b>  |
| Borrad brunn 100 m                     | 12-09-21 (ofiltrerat) | <b>1,8</b> | 0,77       | <b>150</b> |

\* SGU, 2008, \*\* Socialstyrelsen, 2003.

Vattnet i den borrade brunnen på 8,7 m djup innehåller halter av främst arsenik och koppar överstigande nationella referensvärden. Även kromhalten var något förhöjd år 2005. I övriga brunnar ligger arsenik och kromhalten i nivå med nationella referensvärden, medan kopparhalten ligger långt över referensvärdet.

Även halterna av bly, kadmium, kvicksilver, nickel och zink analyserades i proverna. Förhöjda halter av bly och zink uppmättes i samtliga brunnar och även för dessa metaller uppmättes högst halter i den borrade brunnen med ett djup av 8,7 m. På grund av den höga blyhalten betraktas vattnet som otjänligt i alla brunnarna. Fastighetsägaren har i oktober 2012 genomfört ytterligare en provtagning av vattnet från den borrade brunnen med ett djup av 100 m. Denna gång tömdes hydroforen två gånger innan provtagning. Den uppmätta blyhalten i detta prov översteg inte riktvärdet otjänligt.



|                       |                                                                                              |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie  |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                          |                                                                                     |

## 5 Riskbedömning

Den tidigare utförda riskbedömningen i huvudstudien (WSP, 2005) har uppdaterats utifrån Naturvårdsverkets vägledning för riskbedömning och riktvärden för förorenad mark (Naturvårdsverket, 2009a och b). I riskbedömningen uppskattas vilka risker som det förorenade området utgör för hälsa, miljö och naturresurser samt behov av riskreduktion för att negativa effekter inte ska uppstå idag eller i framtiden. Riskbedömningen omfattar en problembeskrivning (kapitel 5.1), exponeringsanalys (kapitel 5.2), effektanalys (kapitel 5.3) och riskkaraktärisering (kapitel 5.4). I kapitel 5.5 redovisas osäkerheter i bedömningen och i kapitel 5.6 sammanfattas riskbedömningen och behovet av riskreduktion preciseras.

### 5.1 Problembeskrivning inkl. konceptuell modell

Baserat på platsspecifika förutsättningar (kapitel 2) och föroreningssituationen (kapitel 4) har en problembeskrivning och konceptuell modell upprättats för att beskriva hur föroreningar kan spridas och påverka olika skyddsobjekt. I problembeskrivningen beskrivs kortfattat föroreningskällan, skyddsobjekt och potentiella spridnings- och exponeringsvägar. Detta sammanfattas i en konceptuell modell i Tabell 5.

CCA-medlet som har brukats och hanterats inom f.d. impregneringsområdet bedöms huvudsakligen ha förorenat marken kring tryckimpregneringstuben, kemikalieförråd samt tork- och lagringsplatser. Omflyttning av egna jordmassor (påverkade av CCA-medel) och externt tillförda fyllningsmassor med slagginnehåll bedöms vara två andra potentiella föroreningskällor inom området. Utförd huvudstudie fokuserar på ämnen kopplade till impregneringsverksamheten nämligen arsenik, koppar och krom, vilka logiskt sett även är de föroreningar som förekommer i högst halter inom området (samlingsnamnet CCA-medel står för koppar, krom och arsenik). I fyllningsjorden påvisas förutom dessa ämnen även andra metaller, av vilka bly och zink förekommer i högst halter.

Föroreningen av arsenik, koppar och krom påträffas i både fyllning och naturlig underliggande morän samt både omättad och mättad mark.

Arsenik är ett ämne som kan vara akuttoxiskt i höga halter och som även kan ge långtidseffekter på hälsa i lägre halter. Bly kan också i förhöjda halter ge långtidseffekter på hälsa och i mycket höga halter vara akuttoxiskt. Krom, koppar och zink är metaller som främst utgör en risk för markmiljön och ekosystem i ytvatten.

Området är idag och under överskådlig framtid avsett att användas som industriområde. Yrkesverksamma är därför skyddsobjekt inom området samt barn och vuxna som vistas tillfälligt inom området. Yrkesverksamma vistas idag endast tillfälligt inom området och exponering av markföroreningar kan ske via inandning av damm,

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

intag av jord och hudkontakt. Inandning av ånga är inte en aktuell exponeringsväg eftersom inga flyktiga ämnen påträffats på platsen.

Vid ett framtida utnyttjande av området som aktiv industrimark antas exponeringssituationen motsvara det generella scenariot för mindre känslig markanvändning (MKM). Det innebär att yrkesverksamma vistas inom området under sin arbetstid och att barn och vuxna kan vistas tillfälligt inom området. Exponering kan ske via inandning av damm, intag av jord och hudkontakt.

Förhållandena för marklevande djur och växter inom området bedöms vara reducerat. Förutsättningarna för ett rikt djur- och växtliv begränsas av platsens tidigare industrihistoria samt eventuella framtida planer på industriutnyttjande.

Spridning av föroreningar från området kan ske med uppvirvlat damm, via infiltrerad nederbörd till grundvattnet eller via ytavrinning till diket längs med industrispåret. Via diket, som övergår till att vara kulverterat norrut, transporteras föroreningar till sågverkets sedimentationsdammar (ca 600 m öster om impregneringsområdet). De föroreningar som inte sedimenterar i diket och dammarna kan spridas vidare till Svartån. Föroreningar som transporteras i grundvattnet i fyllningen kan rinna ut i ovan nämnda dike, men på vissa platser kan de även spridas med grundvattnet under diket och vidare under stambanan och där antingen transporteras ut i diket öster om stambanan eller ner i underliggande morän. Diket öster om stambanan utmynnar också i Svartån. De föroreningar som sprids med grundvatten till underliggande morän kan därifrån spridas vidare med grundvattnet österut till Svartån (ca 400 m öster om impregneringsområdet). Under transporten med grundvattnet i moränen sker fastläggning av föroreningar. Spridning via diket längs med industrispåret till Svartån bedöms vara den huvudsakliga transportvägen för föroreningar från området.

Vid en eventuell framtida höjning av grundvattenytan inom impregneringsområdet skulle frisättningen och spridningen av föroreningar från området öka.

Ytvattenrecipienten Svartån har ett högt skyddsvärde. Svartån vid Boxholm är en identifierad vattenförekomst (SE645352-145447) som klassats som naturligt vatten ([www.viss.lst.se](http://www.viss.lst.se)). Kemisk (exkl Hg) och ekologisk status enligt miljökvalitetsnormer (MKN) klassades som god år 2009.

Ingen identifierad grundvattenförekomst har påträffats inom eller nedströms området ([www.viss.lst.se](http://www.viss.lst.se)). Grundvattenuttag inom impregneringsområdet är inte aktuellt, men ca 100 m öster om och nedströms området finns en fastighet med dricksvattenbrunnar.

|                       |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |

**Tabell 5.** Konceptuell modell för f.d. impregneringsområdet inom Bredgård 1:92, Boxholm.

| Föroreningskällor                                                                                          | Spridningsvägar                                                                                   | Exponeringsvägar på platsen (hälsa)                      | Skyddsobjekt                                                 |                               |                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                            |                                                                                                   |                                                          | Människor                                                    | Miljö                         | Naturre-surser                                                    |
| Markförorening<br>Sediment i dike och dammar<br>Fyllnadsmassor och naturlig jord<br>Omättad och mättad zon | Utlakning till yt- och grundvat-ten<br><br>Spridning via grundvatten och avrinning<br><br>Damning | Inandning av damm<br><br>Hudkontakt<br><br>Intag av jord | Yrkesverk-samma<br><br>Tillfällig vistelse av barn och vuxna | Ytvatten-ekosy-stem (Svartån) | Ytvatten (Svartån)<br><br>Grundvat-ten ned-ströms området (100 m) |

## 5.2 Exponeringsanalys

I problembeskrivningen har skyddsobjekt och spridningsvägar identifierats. I detta avsnitt sammanställs halter av kritiska föroreningar i mark som skyddsobjekten kan exponeras för. Vidare redovisas ämnenas löslighet, mängder föroreningar i mark samt antaganden om utspädning i grundvatten och ytvatten. Gällande föroreningar i dricksvatten, grundvatten, ytvatten och sediment hänvisas till kapitel 4.

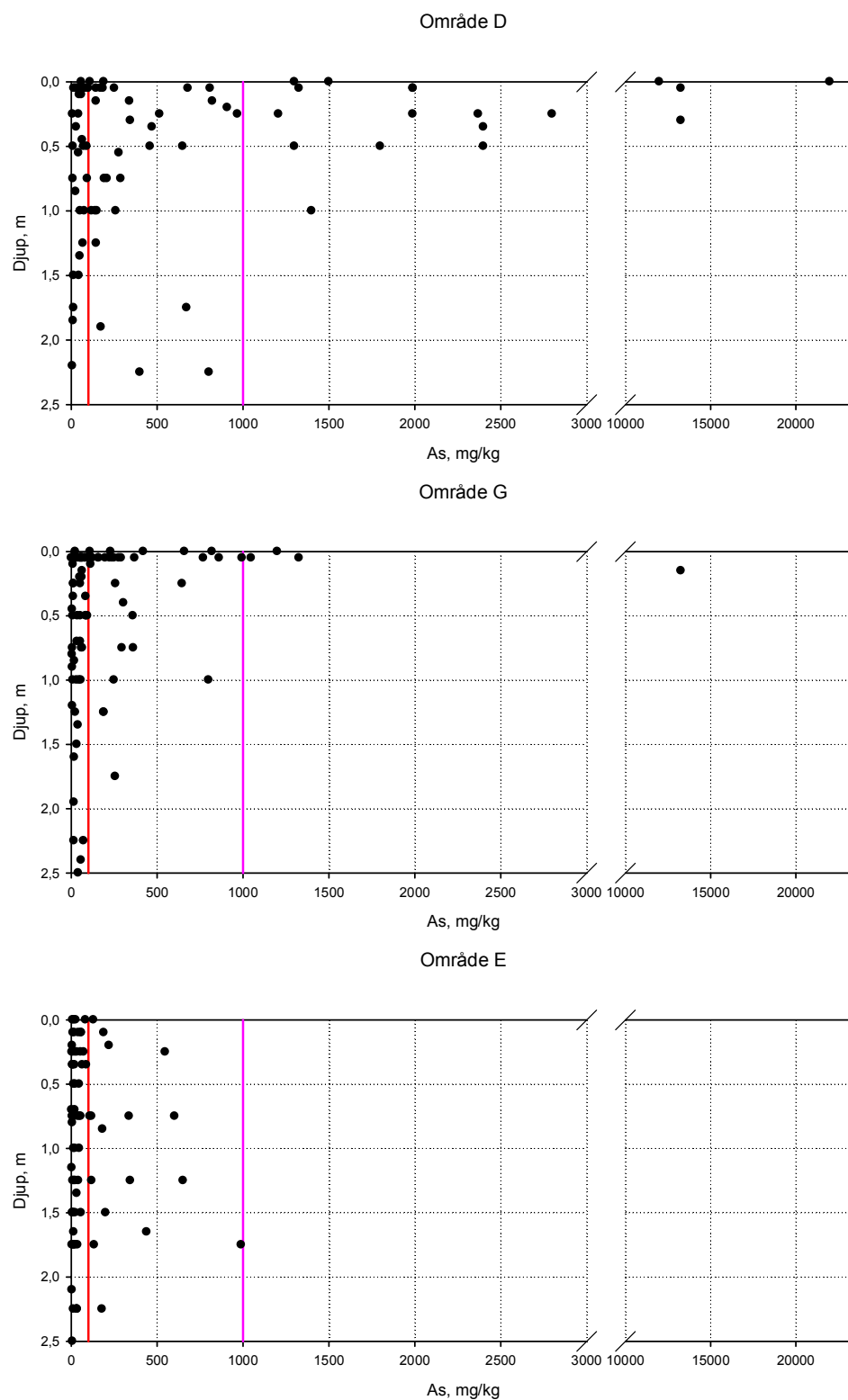
### 5.2.1 Halter i områden förorenade av impregneringen (D, E och G)

Av samtliga undersökta områden inom f.d. impregneringsområdet bedöms föroreningen inom område D, E och G ha direkt orsakats av historisk tryckimpregnering med CCA-medel. Inom dessa områden har prov uttagits från markytan och ner till som mest 2,5-3 meters djup. Hur halterna av arsenik varierar med jorddjup redovisas för delområde D, E och G i Figur 6.

Arsenik uppträder i markant förhöjda halter i samtliga tre delområden och på alla provtagna djup. Högst är halterna inom delområde D. Inom delområde D och G är arsenikhalterna tydligt högre i de övre skikten (ca 0-0,5 m), medan ingen skillnad i halter mellan jorddjup kan ses i område E (Figur 6).

Förhöjda halter av koppar och krom förekommer även inom samtliga tre områden och även för dessa metaller påvisas högst halter inom område D (vid tryckimpregneringstuben). Halten av koppar avtar med ökat jorddjup inom samtliga tre delområden. Även krom avtar med ökat djup i område D och G, men i område E kan ingen tydlig skillnad i djupled utläsas.

|                       |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |



**Figur 6.** Arsenikhalter vid olika djup i delområde D, G och E. Medeldjupet av varje prov har använts. Halten 100 och 1000 mg/kg TS markeras med röd respektive rosa linje.

|                       |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br><br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br><br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |

En statistisk sammanställning av föroreningsnivåerna redovisas för delområde D, G och E i Tabell 6. Inom område G och E förefaller provtagningen vara mer slumpvis fördelad än inom område D där provtagningen varit riktad mot trycktuben. Som representativ medelhalt av de olika ämnena används därför för område G och E en skattning av det övre 95-procentiga konfidensintervallet för medelvärdet, UCLM95 (Upper Confidence Limit of Mean) medan för område D används det aritmetiska medelvärdet. UCLM95 ger ett värde där man utifrån tagna prover kan säga att medelhalten för området med 95 % säkerhet inte överstiger detta värde. Beräkningar av UCLM95 har utförts i programmet ProUCL v4.0 (U S EPA, [www.epa.gov/esd/tsc/software.htm](http://www.epa.gov/esd/tsc/software.htm)). I flera fall kan data passas till en lognormal fördelning och för dessa har en parametrisk metod använts för skattning av UCLM95. I andra fall passar data mindre väl eller inte alls till en fördelning och då har en icke-parametrisk metod använts för skattning av UCLM95.

Variationen i haltdata är relativt stor (CV>100-150 %) till mycket stor (CV>200 %). En indelning i djupled minskar generellt variationen i halter för de delområden där halterna minskar med ökat jorddjup. I Tabell 6 markeras vilka halter som bedöms vara representativa för olika djupnivåer. För område G och D med tydligt avtagande halter för koppar, krom och arsenik med ökat djup under 0,5m anges representativa halter för 0-0,5m respektive 0,5-2,5/3,0 m. För område E gäller samma trend för koppar men inte för arsenik och krom, varför den representativa medelhalten för dessa ämnen anges för 0-3,0 m.

**Tabell 6.** Statistisk sammanställning av halter av arsenik, koppar och krom för delområde D, E och G. Enhet i mg/kg TS. Representativa medelhalter markeras med fetstil. Representativ halt per område baseras på föroreningsfördelningen per område.

| Delområde/Ämne            | Antal | Median | medel        | UCLM95     | Max    | CV (%) |
|---------------------------|-------|--------|--------------|------------|--------|--------|
| <b>Område D 0-2,5</b>     |       |        |              |            |        |        |
| Arsenik                   | 84    | 190    | 1 500        | 3 100      | 22 000 | 240    |
| Koppar                    | 47    | 62     | 830          | 1 400      | 15 000 | 310    |
| Krom                      | 39    | 180    | 730          | 1 600      | 8 000  | 220    |
| <b>Område D 0-0,5 m</b>   |       |        |              |            |        |        |
| Arsenik                   | 52    | 300    | <b>2 100</b> | 6 300      | 22 000 | 210    |
| Koppar                    | 22    | 190    | <b>1 700</b> | 4 900      | 15 000 | 210    |
| Krom                      | 18    | 420    | <b>1 400</b> | 5 400      | 8 000  | 160    |
| <b>Område D &gt;0,5 m</b> |       |        |              |            |        |        |
| Arsenik                   | 32    | 150    | <b>390</b>   | 1 000      | 2 400  | 150    |
| Koppar                    | 25    | 39     | <b>95</b>    | 210        | 640    | 160    |
| Krom                      | 21    | 98     | <b>180</b>   | 410        | 560    | 96     |
| <b>Område E 0-3,0</b>     |       |        |              |            |        |        |
| Arsenik                   | 82    | 25     | 89           | <b>140</b> | 990    | 190    |
| Koppar                    | 73    | 27     | 37           | 53         | 229    | 110    |
| Krom                      | 35    | 19     | 75           | <b>120</b> | 990    | 240    |



|                       |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br><br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br><br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |

| Delområde/Ämne                | Antal | Median | medel | UCLM95     | Max   | CV (%) |
|-------------------------------|-------|--------|-------|------------|-------|--------|
| <b>Område E<br/>0-0,5 m</b>   |       |        |       |            |       |        |
| Arsenik                       | 26    | 30     | 70    | 150        | 550   | 160    |
| Koppar                        | 26    | 35     | 49    | <b>100</b> | 210   | 100    |
| Krom                          | 12    | 16     | 36    | 70         | 197   | 150    |
| <b>Område E<br/>&gt;0,5 m</b> |       |        |       |            |       |        |
| Arsenik                       | 56    | 24     | 97    | 170        | 990   | 190    |
| Koppar                        | 47    | 21     | 31    | <b>40</b>  | 229   | 110    |
| Krom                          | 23    | 19     | 96    | 170        | 990   | 230    |
| <b>Område G<br/>0-3,0</b>     |       |        |       |            |       |        |
| Arsenik                       | 96    | 64     | 320   | 550        | 13200 | 430    |
| Koppar                        | 53    | 41     | 94    | 190        | 720   | 150    |
| Krom                          | 40    | 51     | 92    | 190        | 370   | 110    |
| <b>Område G<br/>0-0,5 m</b>   |       |        |       |            |       |        |
| Arsenik                       | 61    | 81     | 450   | <b>770</b> | 13200 | 380    |
| Koppar                        | 26    | 79     | 170   | <b>430</b> | 720   | 110    |
| Krom                          | 21    | 91     | 130   | <b>310</b> | 370   | 90     |
| <b>Område G<br/>&gt;0,5 m</b> |       |        |       |            |       |        |
| Arsenik                       | 35    | 47     | 103   | <b>220</b> | 800   | 150    |
| Koppar                        | 27    | 20     | 32    | <b>66</b>  | 173   | 110    |
| Krom                          | 19    | 36     | 55    | <b>120</b> | 220   | 98     |

## 5.2.2 Jordegenskaper

I Tabell 7 sammanställs uppmätta halter av pH och TOC inom område D, G och E. pH i fyllningsjord har uppmätts till mellan 7,2 och 7,8, och i den naturliga jorden till 7,7 och 8,3. Organisk halt (TOC) varierade mellan 0,5 och 2,2 % (n=3) i fyllningsjorden samt till 0,5 och 0,8 % i moränen. Medelvärde för TOC i fyllningen är 1,3 % och i moränen 0,7 %.

**Tabell 7.** pH och TOC för olika jordarter.

| Delområde | Provnr | Jordart            | Djup (m u my) | TOC | pH  |
|-----------|--------|--------------------|---------------|-----|-----|
| E         | W303   | Fsi(gr)Sa          | 0,4-1,0       | 0,5 | 7,2 |
| G         | W315   | FsagrSi            | 0,3-0,6       | 1,2 | 7,8 |
| D         | W228   | F gr mu Sa (slagg) | 0-0,5         | 2,2 | 7,7 |
| G         | W315   | grSi               | 0,6-1,2       | 0,8 | 7,7 |
| D         | W229   | si sa Mn           | 2,0-2,5       | 0,5 | 8,3 |

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

### 5.2.3 Volymer och mängder

Mängden förorening inom områdena D, E och G har uppskattats baserat på den representativa medelhalten från tabell 3, volymen förorenad jord, fyllningsjordens densitet som antagits vara 1,8 kg/dm<sup>3</sup> samt blockhalten som antas vara 15 %. Områdenas respektive areor, antagen mäktighet, beräknade volymer och mängder förorenad jord samt beräknade mängder föroreningar redovisas i Tabell 8.

**Tabell 8.** Delområdenas areor, antagen mäktighet (övre halvmetern respektive till provtagningsdjup), beräknade volymer och mängder förorenad jord samt beräknade mängder arsenik, koppar och krom.

| Delomr | Nivå<br>(m u my) | Area<br>(m <sup>2</sup> ) | Mäktighet<br>(m) | Volym<br>(m <sup>3</sup> ) | Mängd<br>(ton) | As<br>(ton) | Cu<br>(ton) | Cr<br>(ton) |
|--------|------------------|---------------------------|------------------|----------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| D      | 0-0,5            | 1300                      | 0,5              | 550                        | 990            | 2,1         | 1,7         | 1,4         |
|        | >0,5             | 1300                      | 2,5              | 2760                       | 4970           | 1,9         | 0,47        | 0,90        |
| G      | 0-0,5            | 1700                      | 0,5              | 720                        | 1300           | 1,0         | 0,56        | 0,40        |
|        | >0,5             | 1700                      | 2,5              | 3610                       | 6500           | 1,4         | 0,43        | 0,78        |
| E      | 0-0,5            | 7300                      | 0,5              | 3100                       | 5590           | 0,78        | 0,56        | 0,67        |
|        | >0,5             | 7300                      | 2,5              | 15510                      | 27920          | 3,9         | 1,1         | 3,4         |
| Summa  |                  |                           |                  | 26250                      | 47270          | 11          | 4,8         | 7,5         |

### 5.2.4 Löslighet

Metallernas löslighet i jorden har betydelse för utlakning till grundvatten samt transport till ytvattenrecipienten. Löslighet av metaller i jord beskrivs vanligen med ett s.k. K<sub>d</sub>-värde, som beräknas som halten i jord dividerat med halten i vatten. Ju högre värde, desto hårdare är metallen bunden och desto lägre blir lösligheten. Naturvårdsverket har föreslagit generella K<sub>d</sub>-värden, som är tämligen konservativa för att inte riskera underskattning av lösligheten.

Tre prov på jord valdes ut för skaktest för beräkning av K<sub>d</sub>-värden i huvudstudien 2005, varav två kommer från område D och kan anses representera föroreningen orsakad av f.d. impregneringsverksamheten (WSP, 2005). En ny utvärdering av resultaten har utförts i aktuell huvudstudie och nya K<sub>d</sub>-värden valts ut för bedömning av metallers löslighet, se bilaga 10 för utvärdering och motiv till val av K<sub>d</sub>-värden och Tabell 9 för valda värden. För arsenik har samma värde som Naturvårdsverkets generella värde valts för lösligheten. Lösligheten av koppar och krom förefaller vara betydligt lägre jämfört med de generella antagandena varför högre värden valts.

**Tabell 9.** Vald fördelningskoefficient (K<sub>d</sub> i l<sub>vatten</sub>/kg<sub>TS</sub>) för metaller för bedömning av spridning. Jämförelse med Naturvårdsverkets generella K<sub>d</sub>-värden (Naturvårdsverket, 2009)

|                                                         | Arsenik | Koppar | Krom |
|---------------------------------------------------------|---------|--------|------|
| <b>Naturvårdsverkets generella K<sub>d</sub>-värden</b> | 300     | 600    | 1500 |
| <b>Valt K<sub>d</sub> -värde</b>                        | 300     | 5000   | 5000 |

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

### 5.2.5 Utspädningsförhållanden i grund- och ytvatten

För att kunna bedöma vilka halter i jorden som är acceptabla för ekosystemet i mottagande recipient och grundvattnet nedströms området samt belastningen från området så har utspädningsfaktorer för porvatten till grund- respektive ytvatten beräknats. Utspädningen i grund- och ytvatten har beräknats enligt Naturvårdsverkets vägledning för riktvärden (Naturvårdsverket, 2009). Beräkningarna baseras på följande platsspecifika antaganden:

- Områdets area: 11 200 m<sup>2</sup>. (bredd 160 m x längd 70 m)
- Årsavrinning Boxholm, naturlig mark: 100 mm (smhi.se).
- Grundvattenbildning inom det förorenade området: 1120 m<sup>3</sup>/år
- Flöde i Svartån: 4,1 m<sup>3</sup>/s (Minvattenflöde (modellerat) i Svartån under perioden 2005-2011. Data från SMHI:s databas HoMER)
- Avstånd till grundvattenresurs 100 m

Detta ger följande värden på utspädningen:

- Utspädning porvatten → grundvatten: 1 / 19
- Utspädning porvatten → ytvatten: 1 / 115 000

## 5.3 Effektanalys

I detta kapitel sammanställs de riktvärden för jord som används för bedömning av miljö- och hälsorisker inom område D, G och E. Effektnivåer för ytvatten redovisas i riskkaraktiseringen, kapitel 5.4.

Riktvärden för jord har beräknats med Naturvårdsverkets beräkningsprogram version 1.00 (Naturvårdsverket, 2009) för de ämnen som påträffats i representativa medelhalter överskridande riktvärden för mindre känslig markanvändning (MKM) och som har koppling till impregneringsverksamheten. I bilaga 11 redovisas uttagsrapporterna från beräkningsprogrammet och i nedanstående underkapitel presenteras antaganden för beräkning och val av effektnivåer (riktvärden) för skydd av hälsa, markmiljö, grundvatten och omgivande ytvatten samt de sammanvägda riktvärdena.

### 5.3.1 Platsspecifika antaganden för riktvärden i jord

Antagandena för beräkning av platsspecifika riktvärden baseras på de övergripande åtgärds målen och identifierade skyddsobjekt, spridnings- och exponeringsvägar i problembeskrivningen.

Platsspecifika riktvärden har tagits fram för två scenarion:

1. Mindre känslig markanvändning med skydd av grundvatten som naturresurs 100 m nedströms området.
2. Mindre känslig markanvändning utan skydd av grundvatten som naturresurs nedströms området.

|                       |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |

Riktvärden har även tagits fram för två olika jorddjup, ytlig jord (0-1 m u my) samt djup jord (>1 m u my - grundvattennivån). En indelning i djupled motiveras av att exponering för djupare jord sker mer sällan än för ytlig jord. Dessutom har riktvärden för spridning tagits fram för den mättade zonen.

I Tabell 10 sammanställs de antaganden som riktvärdena för den omättade zonen baseras på. Antagandena utgår från Naturvårdsverkets generella scenario för mindre känslig markanvändning (MKM) med följande justeringar:

- Exponering via intag av jord, inandning av damm och hudupptag i djupare jord antas endast ske ett begränsat antal dagar (20 dagar per år) då eventuella djupa markarbeten utförs.
- Jordens egenskaper antas utifrån fältprovtagningar vara genomsläpplig i de översta jordlagren. Inslaget av finare material ökar dock med ökat jorddjup varför djupare jord antas vara normaltät. TOC har utifrån platsspecifika data satts till ca 1 %.
- Skydd av markmiljön beaktas inte i djup jord eftersom den biologiska aktiviteten avtar med ökat jorddjup och främst är begränsad till ytliga jordlager. I ytlig jord är förutsättningarna för markorganismer begränsad utifrån områdets industrihistoria och fyllnadsmassornas egenskaper, med för att fungera som underlag till riskvärderingen beaktas skydd av markmiljön i ytlig jord enligt MKM.
- Riktvärden beräknas med och utan skydd av grundvattnet nedströms området (100 m). En platsspecifik utspädningsfaktor för porvatten till grundvatten har beräknats till 19 ggr, se kapitel 5.2.5.
- Ytvattnet Svartån skyddas som naturresurs. En platsspecifik utspädningsfaktor för porvatten till grundvatten har beräknats till 115 000 ggr, se kapitel 5.2.5.
- Utöver scenarioparametrar så har även ämnesspecifika parametrar för lösligheten (fördelningskoefficienten,  $K_d$ ) justerats för koppar och krom enligt platsspecifika data, se kapitel 5.2.4.

Riktvärden för spridning från den mättade zonen utgår från samman antaganden avseende jordegenskaper, löslighet, grundvattenbildning etc, men med antagande om att föroreningen ligger i den mättade zonen.

|                       |                                                                                              |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie  |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                          |                                                                                     |

**Tabell 10.** Sammanställning av antaganden för scenarioparametrar för beräkning av plats-specifika riktvärden för den omättade zonen inom f.d. impregneringsområdet. Antaganden för generella riktvärden för mindre känslig markanvändning (MKM) redovisas som jämförelse. B = barn, V = vuxna.

| Exponeringsväg                          | Platsspecifika antaganden                |                                           | Generella riktvärden              |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|
|                                         | Ytlig jord<br>(0-1 m u my)               | Djup jord<br>(>1 m u my)                  | MKM                               |
| Intag jord (dygn/år)                    | B: 60<br>V: 200                          | B: 20<br>V: 20                            | B: 60<br>V: 200                   |
| Hudupptag (dygn/år)                     | B: 60<br>V: 90                           | B: 20<br>V: 20                            | B: 60<br>V: 90                    |
| Inandning damm<br>(dygn/år)             | B: 60<br>V: 200                          | B: 20<br>V: 20                            | B: 60<br>V: 200                   |
| Jordegenskaper                          | Genomsläpplig                            | Normaltät                                 | Normaltät                         |
| Markmiljö (andel arter<br>som skyddas)* | 50%                                      | beaktas ej                                | 50%                               |
| Grundvatten som natur-<br>resurs        | Ej aktuellt/100 m ned-<br>ströms området | Ej aktuellt/ 100 m ned-<br>ströms området | 200 m ned-<br>ströms områ-<br>det |
| Ytvatten som nature-<br>surs            | Ja                                       | Ja                                        | Ja                                |

\*Markmiljön beaktas i riktvärden för ytlig jord som underlag till riskvärderingen.

### 5.3.2 Platsspecifika riktvärden

Framtagna platsspecifika riktvärden presenteras i Tabell 11. I bilaga 12 redovisas beräknade riktvärden uppdelat på de olika skyddsobjekten, dvs. underliggande parametrar för de framtagna platsspecifika riktvärdena. Riktvärdena i Tabell 11 beaktar långsiktiga hälsorisker, risker för markmiljön och spridning till grund- och ytvatten. Akuta hälsorisker behandlas i kapitel 5.4.1. För bedömning av akuttoxiska effekter har nivåer för övergående negativa effekter och letala (dödliga) effekter för ett litet barn (10 kg), en 10-åring (28 kg) och en vuxen kvinna (54 kg) tagits fram, vilka redovisas i Tabell 12. I bilaga 12 redovisa underlag till värdena.

**Tabell 11.** Sammanställning av platsspecifika riktvärden för f.d. impregneringsområdet med och utan skydd av grundvattnet 100 m nedströms området samt för omättad och mättad mark.

| Ämne    | Riktvärden utan skydd av grundvatten |                |            | Riktvärden med skydd av grundvatten |                |            |
|---------|--------------------------------------|----------------|------------|-------------------------------------|----------------|------------|
|         | Omättad zon                          |                | Mättad zon | Omättad zon                         |                | Mättad zon |
|         | 0-1,0 m                              | >1 m-g.v. ytan |            | 0-1,0 m                             | >1 m-g.v. ytan |            |
| Arsenik | 25                                   | 130            | 7700       | 25                                  | 29             | 18         |
| Koppar  | 200                                  | 520 000        | 430000     | 200                                 | 4 800          | 3 100      |
| Krom    | 150                                  | 170 000        | 130000     | 150                                 | 2 400          | 1 500      |



|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

Riktvärden för ytlig jord (0-1 m) är samma med som utan skydd av grundvatten 100 m nedströms det förorenade området. Dessa riktvärden styrs av skydd av långsiktiga hälsorisker (arsenik) samt skydd av markmiljön (koppar, krom). Riktvärdena för ytlig jord (0-1 m) är samma som för mindre känslig markanvändning (MKM).

Riktvärden för djup jord (>1 m) utan skydd av grundvatten styrs av långsiktiga hälsorisker (arsenik) och skydd av ytvatten (koppar, krom). För mättad jord beaktas endast skydd av ytvatten. Riktvärden med skydd av grundvatten styrs i djup jord och mättad jord av skydd av grundvattnet 100 m nedströms området.

## 5.4 Riskkaraktisering

I detta kapitel utvärderas föroreningsnivåerna i jord mot de haltnivåer som bedömts acceptabla ur ett riskperspektiv. Vidare utvärderas spridningen och belastningen från området på grundvatten och ytvatten.

### 5.4.1 Akuta hälsorisker

För att karakterisera akuta hälsorisker av arsenik inom f.d. impregneringsområdet jämförs beräknade akuttoxiska nivåer för övergående negativa effekter och letala effekter (bilaga 12) med högsta uppmätta halten och 90-percentilen i respektive delområde i Tabell 12.

**Tabell 12.** Högsta uppmätta halt och 90-percentilen av uppmätta halter av arsenik inom f.d. impregneringsområdet jämfört med beräknade nivåer för övergående negativa effekter och letala effekter för ett litet barn, en 10-åring och en vuxen kvinna (se bilaga 12).

| Delområde | Jordnivå<br>(m u my) | Maxhalt<br>mg/kg TS | 90-perc<br>mg/kg TS | Övergående negativa effekter / Letala effekter<br>(mg/kg TS) |                                |                                     |
|-----------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
|           |                      |                     |                     | Litet barn<br>(10 kg, 5 g jord)                              | 10-årig<br>(28 kg, 2,5 g jord) | Vuxen kvinna<br>(54 kg, 2,5 g jord) |
| D         | 0-0,5                | 22 000              | 8 900               | 100 / 640                                                    | 560 / 3 600                    | 1 100 / 6 900                       |
| D         | >0,5                 | 2 400               | 1 300               |                                                              |                                |                                     |
| G         | 0-0,5                | 13 000              | 820                 |                                                              |                                |                                     |
| G         | >0,5                 | 800                 | 280                 |                                                              |                                |                                     |
| E         | 0-2,5                | 990                 | 200                 |                                                              |                                |                                     |

För att exponeras via intag av jord krävs att jorden är tillgänglig, varför bedömningen av akuttoxiska effekter främst är relevant för ytlig jord. Både maxhalten och 90-percentilen av arsenik i ytlig jord inom område D kan orsaka övergående negativa effekter och letala effekter hos ett litet barn, en 10-åring och en vuxen kvinna. Även inom område G är maxhalten av sådan nivå att övergående negativa effekter och letala effekter inte kan uteslutas för någon av dem, men 90-percentilen indikerar inte risk för letala effekter hos en 10-åring eller vuxen kvinna. I område E indikerar

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

maxhalten att övergående negativa effekter och letala effekter hos ett litet barn samt övergående negativa effekter hos en 10-åring inte kan uteslutas.

Sannolikheten för att ett litet barn skulle vistats inom f.d. impregneringsområdet bedöms som mycket liten. Sannolikheten bedöms vara större för att en 10-åring skulle kunna ta sig in på ett industriområde och att en vuxen kvinna skulle vistats inom området har en mycket stor sannolikhet med ett framtida utnyttjande av området som aktiv industrimark. Utan vidtagande av åtgärd kan inte uteslutas att halterna av arsenik i yttlig jord kan innebära:

- Övergående negativa hälsoeffekter via intag av jord i område D, G och E.
- Letala effekter inom delområde D och G.

#### 5.4.2 Långsiktiga hälsorisker och risker för markmiljön

Inom område D, E och G finns halter av arsenik i yttlig jord som överstiger riktvärden för långsiktiga hälsorisker (Tabell 13). Inom område D och G finns även halter av arsenik i djup jord som överstiger riktvärden för långsiktiga hälsorisker. Styrande exponeringsväg är intag av jord. Halter av arsenik i djup jord inom delområde E ligger i nivå med riktvärdet.

Inom området D, E och G finns även halter av arsenik i yttlig jord som överstiger riktvärden för skydd av 50 % av arterna i markmiljön. Inom område D och G finns även halter av koppar och krom som överstiger dessa riktvärden.

Det kan inte uteslutas att de ämnen som förekommer i representativa halter överstigande riktvärdena kan innebära:

- Långsiktiga hälsorisker via intag av jord – arsenik (yttligt i D, G och E samt djupt i D och G)
- Reducerade förhållanden för markmiljön – arsenik (D, G, E), koppar och krom (D och G)

**Tabell 13.** Representativa halter av metaller (mg/kg ts) i marken inom område D, G och E vid f.d. impregneringsområdet jämfört med platsspecifika hälsobaserade riktvärden för långtidseffekter för två olika markdjup samt riktvärden för skydd av markmiljön i yttlig jord.

| Ämne    | Representativa medelhalter |        |          |        |          |        | Hälsobaserat riktvärde långtidseffekter |                | Skydd av markmiljö |
|---------|----------------------------|--------|----------|--------|----------|--------|-----------------------------------------|----------------|--------------------|
|         | Område D                   |        | Område G |        | Område E |        |                                         |                |                    |
|         | 0-0,5 m                    | >0,5 m | 0-0,5 m  | >0,5 m | 0-0,5 m  | >0,5 m | 0-1 m                                   | >1 m – gv.ytan |                    |
| Arsenik | 2 100                      | 390    | 770      | 220    | 140      |        | 25                                      | 130            | 40                 |
| Koppar  | 1 700                      | 95     | 430      | 66     | 100      | 40     | 96 000                                  | 520 000        | 200                |
| Krom    | 1 400                      | 180    | 310      | 120    | 120      |        | 750 000                                 | Ej begr.       | 150                |

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

### 5.4.3 Omgivningspåverkan grundvatten

Huvudsaklig spridning av föroreningar från impregneringsområdet bedöms ske via diket intill industrispåret och därifrån vidare till Svartån, se kapitel 5.1. En viss spridning av föroreningar med grundvattnet österut mot fastigheten Kjusebotorp 4:1 kan dock inte uteslutas, varför en bedömning av påverkan på grundvattnet görs i detta kapitel.

Vid den borrade brunnen på 8,7 m djup ca 100 m nedströms området i östlig riktning har förhöjda halter av bl.a. arsenik, koppar och krom uppmätts (kapitel 4.4). Grundvattenhalter av bl.a. arsenik kan av geologiska orsaker variera markant mellan olika områden i Sverige. Undersökningar från SSI och SGU (SSI, 2008) visar dock att bergbörande brunnar i Östergötland normalt håller arsenikhalter under 1 µg/l, dvs. i nivå med det nationella referensvärdet.

Utspädningen från f.d. impregneringsområdet till denna brunn har grovt beräknats vara ca 19 gånger (kapitel 5.2.5). Beräknade halter i grundvatten inom sågverksområdet, utifrån uppmätta halter i jord, varierar mellan delområde D, E och G, i relation till jordens föroreningshalter. Område E ligger närmast brunnen. Även om mer förorenat grundvatten från område D strömmar i riktning mot brunnen kommer det passera område E. Det har därför bedömts att metallernas löslighet i grundvatten inom delområde E på medellång sikt kommer vara styrande för belastningen. Om åtgärd inte vidtas i område D är det troligt att halterna i område E på mycket lång sikt stiger p.g.a. belastning från område D, vilket då medför att även belastningen ut från område E kan öka. Vid en riskkaraktisering för medellångt tidsperspektiv har därför räknats på hur grundvattnet från område E skulle kunna förorena brunnsområdet efter utspädning (om åtgärd inte utförs i område D). Beräkningen baseras på UCLM och  $K_d$  för område E. Nedan jämförs beräknade och uppmätta halter i brunnen:

- Arsenik: beräknat 25 µg/l och uppmätt 7,1-8,8 µg/l
- Koppar: beräknat 0,5 µg/l och uppmätt 290-470 µg/l
- Krom: beräknat 1,3 µg/l och uppmätt 1,4-2,4 µg/l.

Överensstämmelsen är relativt god för arsenik och krom. De höga halter av koppar som uppmätts i brunnen kan dock inte förklaras med spridning från sågverksområdet. Inte ens om spridningen beräknas på det mest förorenade delområdet D kan det bidra med mer än omkring 5% av uppmätta kopparhalter i brunnen.

Det finns bara två mätvärden på arsenik i brunnen på 8,7 meter och dessa ligger strax under Socialstyrelsens riktvärde för otjänligt dricksvatten på 10 µg/l (Socialstyrelsen, 2003). Beräknat haltpåslag från område E tyder på att halterna skulle kunna överskrida gränsvärdet. Sannolikt sker dock fastläggning i jord mellan område E och brunnen varför den beräknade halten på 25 µg/l kan vara en överskattning.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

#### 5.4.4 Omgivningspåverkan Svartån

Årlig utlakning från de förorenade områdena D, E och G har beräknats utifrån tidigare presenterade representativa medelhalter, Kd, infiltration i området samt delområdenas areor i kapitel 5.2. Det antas i likhet med i Naturvårdsverkets vägledning att hela den föroreningsmängd som sprids från området också når recipienten, Svartån. Som jämförelsemått ges den belastning som förväntas om föroreningshalterna i jorden motsvarade det generella riktvärdet för MKM. I några fall är föroreningshalterna lägre än MKM, t.ex. koppar i delområde E. I de fallen har belastningen vid "MKM" istället representerats av nuvarande belastning.

Som validering av beräkningarna har beräknade halter i grundvattnet jämförts med uppmätta halter i grundvattnet på området, se Tabell 14. För område G saknas dock uppmätta halter i grundvatten. Det har antagits att ingen utspädning sker inom området. I realiteten sker troligen viss utspädning under perioder med högt grundvattenstånd. Det saknas dock underlag för att kvantifiera denna aspekt. I område D är de beräknade halterna i grundvattnet avsevärt högre än det uppmätta värdet i grundvattnet. Föroreningssituationen i område D är starkt heterogen vilket troligen även påverkar variationen av föroreningsnivåerna i grundvatten inom område D. Andra faktorer som kan medföra skillnader mellan uppmätt och beräknad halt är osäkra Kd-värden och osäkerhet i grundvattenundersökningar.

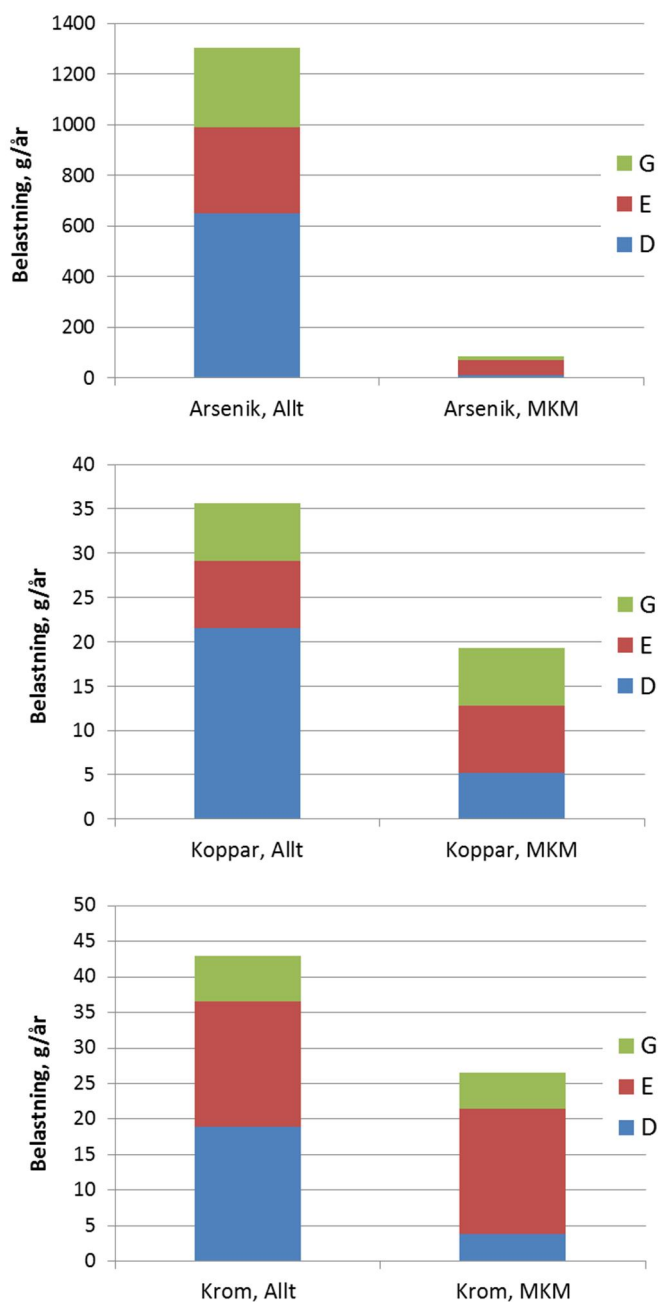
I område E är överensstämmelsen bättre än i G och D, och för arsenik är överensstämmelsen utmärkt. För koppar och krom är beräknade halter högre än vad som uppmätts. Jämförelsen tyder dock på att den beräknade belastningen snarare är överskattad än underskattad. Därmed bör också säkerhetsmarginalen vara tillräcklig för den påverkan på ytvatten som presenteras nedan.

**Tabell 14.** Jämförelse av beräknade och uppmätta halter i grundvatten inom delområde D, E och G. För område G saknas uppmätta halter i grundvatten.

| Ämne            | Uppmätt (µg/l) | Beräknat (µg/l) |
|-----------------|----------------|-----------------|
| <b>Område D</b> |                |                 |
| As              | 56             | 5 000           |
| Cu              | 23             | 170             |
| Cr              | 6,1            | 150             |
| <b>Område E</b> |                |                 |
| As              | 210-470        | 470             |
| Cu              | 2,6-2,9        | 10              |
| Cr              | <1,0           | 24              |
| <b>Område G</b> |                |                 |
| As              |                | 1800            |
| Cu              |                | 38              |
| Cr              |                | 38              |

|                       |                                                                                              |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie  |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                          |                                                                                     |

Beräknad belastning visas i Figur 7. Belastningen av arsenik är mångfalt högre än för MKM. Arsenikbelastningen domineras påtagligt av delområde D, men även område E och G bidrar. Räknat per arealenhet är dock belastningen från delområde E relativt låg. Även belastningen av koppar och krom överstiger vad som förväntas från MKM-halter, och för koppar och krom är det också delområde D som dominerar belastningen i dagens föroreningsituation.



**Figur 7.** Belastning (g/år) av arsenik, koppar och krom från delområde D, E och G. Dagens situation jämfört med om medelhalterna i jorden skulle motsvara generella riktvärdet för MKM.



|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

Utifrån den minsta vattenföringen i Svartån ( $4 \text{ m}^3/\text{s}$ ) har högsta troliga haltpåslag från området på Svartån beräknats. Detta jämförs med regional bakgrundshalt i Tabell 15. Haltpåslaget är för koppar och krom i storleksordningen 1000 gånger lägre än förväntade bakgrundshalter och saknar helt betydelse. För arsenik är det beräknade haltpåslaget ca 2% av trolig regional bakgrundshalt, vilket är ca 15 ggr högre än haltpåslaget av arsenik vid halter enligt MKM.

Koppar och krom har tidigare uppmätts i två vattenprov från Svartån (Tabell 3). Provpunkterna antogs representera områden som låg uppströms respektive nedströms influensområdet från f.d. impregneringsområdet. De uppmätta halterna är väldigt låga vilket troligen beror på användningen av passiva provtagare och bedöms därför inte som användbara för validering av de beräkningar som presenterats i detta avsnitt.

Arsenik, koppar och krom saknar miljö kvalitetsnormer men av Naturvårdsverket (2008) föreslagna gränsvärden för krom och koppar återges i tabellen. För arsenik används det kanadensiska gränsvärdet för ytvatten (CCME, 2007). Eftersom inga av dessa värden har status som gränsvärden benämns de riktvärden i tabellen. Vid jämförelse med dessa riktvärden framgår att även om belastningen är hög så orsakar den inte risk för negativa effekter på akvatiskt liv i Svartån.

**Tabell 15.** Beräknat haltpåslag i Svartån vid minimal vattenföring ( $4 \text{ m}^3/\text{s}$ ) baserat på nuvarande föroreningsituation ("Allt") samt halter enligt MKM, inom delområde D, E och G. Regionala bakgrundshalter från SLU (2009).

| Metall | Beräknat haltpåslag ( $\mu\text{g/l}$ ) |                      | Jämförvärden ( $\mu\text{g/l}$ ) |                |
|--------|-----------------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------|
|        | Allt, $\mu\text{g/l}$                   | MKM, $\mu\text{g/l}$ | Regional bakgrundshalt           | Riktvärde      |
| As     | 0,010                                   | 0,0007               | 0,4-0,7                          | 5 <sup>A</sup> |
| Cu     | 0,0003                                  | 0,00001              | 1-3                              | 4 <sup>B</sup> |
| Cr     | 0,0003                                  | 0,00001              | 0,4-1,3                          | 3 <sup>B</sup> |

A. CCME (2007)

B. Naturvårdsverket 2008, rapport 5799.

## 5.5 Osäkerheter

Följande osäkerheter har identifierats och bedöms kunna påverka bedömningen i riskbedömningen:

- Variationen i halter är stor vilket ger osäkerheter i bedömningen av en representativ halt och därmed även mängden förorening.
- Föroreningen är inte avgränsad i djupled vilket ger osäkerheter i uppskattade mängder föroreningar och åtgärdsbehovet.
- Stor haltvariation inom delområde D gör det svårt att förutsäga föroreningsituation i grundvatten och belastning från området.

|                       |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |

- Osäkerheter i grundvattnets flödesriktning och betydelsen av inkommande ytligt grundvattenflöde genom de förorenade lagren ger osäkerheter i bedömningen av spridningen.
- Fastläggningsprocesser såsom återsorption i delområdenas periferi och utanför områdena kommer att fördröja spridningen till recipient, men kan innebära att jord utanför området långsamt förorenas.

## 5.6 Sammanfattande riskbedömning

Tidigare impregneringsverksamhet har förorenat områdena kring den tidigare tryckcylindern (område D och G) samt området öster om och nedströms denna (område E) med främst arsenik, men även krom och koppar. Riskbedömningen visar att det finns ett behov av riskreduktion inom f.d. impregneringsområdet för att:

- Säkerställa acceptabla hälsorisker på kort och lång sikt i yttlig jord inom område D, G och E (arsenik)
- Säkerställa acceptabla hälsorisker på lång sikt i djup jord inom område D och G (arsenik).
- Förbättra markmiljön i yttlig jord (As – D, G och E; Cu och Cr – område D och G)
- Minska belastningen av arsenik på grund- och ytvatten (område D)

Arsenik bedöms bli styrande för åtgärdsbehovet. Totala volymen massor som innehåller föroreningar har uppskattats till ca 26 000 m<sup>3</sup> och totala mängden arsenik har uppskattats till 11 ton, varav 4 ton bedöms förekomma inom området närmast in- och utgången till tidigare tryckcylinder (område D).

För att reducera hälsoriskerna bör exponeringen av människor minskas, vilket kan uppnås genom att förhindra kontakten med jord eller genom att minska halterna i jord. Riskreduktion för markmiljön kan endast uppnås genom att minska halterna i jord. För spridning till ytvatten och grundvatten kan en riskreduktion uppnås genom att minska spridningen från området eller genom att minska halterna i området.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

## 6 Åtgärdsutredning

Utförd åtgärdsutredning baseras på ovan beskrivna övergripande åtgärds mål, förorenings situation, riskbedömning och bedömt behov av riskreduktion. Riskbedömningen har konstaterat att förorenings situationen i jord och grundvatten innebär förhöjda risker för spridning och exponering av framförallt arsenik vilket föranleder behov av en åtgärd.

Åtgärdsutredningen har utförts avseende arsenik för område D, G och E.

I åtgärdsutredningen studeras ett antal alternativa åtgärdsförslag som i olika omfattningar och på olika sätt syftar till att minska riskerna för människa och miljö på plats och i omgivningen.

Aktuell åtgärdsutredning har utförts i tillämpliga delar enligt Naturvårdsverkets vägledning ”Att välja efterbehandlingsåtgärd” (Naturvårdsverket, 2009c). I urvalsprocessen för att välja ett lämpligt åtgärdsalternativ sker en sällning av åtgärdsalternativen stegvis med hjälp av utvärderingskriterier i åtgärdsutredningen och därefter urvalskriterier i riskvärderingen. Syftet med aktuell utredning är att utföra åtgärdsutredningen och ta fram underlag till riskvärderingen. Riskvärderingen ska sedan utföras av projektgruppen. Eftersom aktuell åtgärdsutredning är ett underlag till projektgruppens urvalsprocess har inga åtgärdsalternativ sällats bort under arbetets gång i enlighet med beställarens önskemål.

Arbets sättet skiljer sig således från åtgärdsutredningen som gjordes 2005 då urvalsprocessen gjordes i två steg. Först en teknisk-miljömässig utvärdering varvid några alternativ valdes bort, och därefter en samhällsekonomisk utvärdering.

### 6.1 Kriterier

WSP har tagit fram underlag för kriterierna som listas nedan och som ligger till grund för riskvärderingen. För varje kriterium finns förtydliganden om syftet med respektive kriterium.

- Teknisk genomförbarhet
  - Bedömning av åtgärdsalternativens tekniska genomförbarhet avseende platsspecifika förutsättningar som inkluderar tillgänglighet, schaktbarhet, hydrogeologiska aspekter etc.
  - Bedömning av åtgärdsalternativens tillförlitlighet, beständighet och kontrollerbarhet efter åtgärd samt om de metoder som ingår i alternativen är väl beprövade eller under utveckling.
- Uppnådda resultat, kvarlämnade mängder och halter
  - Bedöms åtgärdsalternativen vara effektiva avseende reducering av föroreningsmängd, exponerings- och spridningsrisker?
- Kvarvarande miljö- och hälsorisker
  - Medför alternativen att vistelse i området innebär oacceptabla hälsorisker efter åtgärd?
  - Medför alternativen att föroreningsnivån inom området ger upphov till oacceptabla effekter i närbelägna markområden och ytvattenrecipienter efter åtgärd?

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

- Medför alternativen krav på administrativa åtgärder i form av restriktioner för grävning och användning av marken, vilket kan begränsa områdets framtida nyttjande.
- Åtgärdsrelaterade effekter – hälsa, miljö, störningar, klimatpåverkan?
  - Bedömning av identifierade hälsorisker under genomförandeskedet.
  - Bedömning av miljöpåverkan avseende transporter.
  - Bedöms genomförandet av åtgärdsalternativen medföra orimliga störningar avseende transporter, buller, damning samt utsläpp till luft och vatten?
- Totalkostnader och kostnadseffektivitet
  - Värdering av ekonomiska aspekter avseende alternativens uppskattade totalkostnader och kostnadseffektivitet med hänsyn till reduktion av arsenikmängden.
- Behov av tillstånd enligt miljöbalken.

Även kriterierna ”Uppfyllelse av övergripande åtgärds mål” samt ”Intressenternas förutsättningar” bör värderas per alternativ. För bedömning av de övergripande åtgärds målen kan nedan presenterat underlag sammantaget användas vid bedömningen. Gällande intressenternas förutsättningar har önskemål endast framkommit i begränsad omfattning. Förutom fastighetsägaren och tillika verksamhetsutövaren Rörvik Timber AB bedöms projektgruppen bestå av de mest aktuella intressenterna, varför deras intressen bör beaktas under riskvärderingsprocessen.

Generella grundförutsättningar som antas gälla presenteras i avsnittet nedan.

## 6.2 Grundförutsättningar

Gällande intressenten Rörvik Timber AB så bedöms de komma att disponera området i framtiden och det förutsätts att det f.d. impregneringsområdet ska kunna beträddas och användas för olika industriändamål eller annan mindre känslig markanvändning.

Eftersom marken även fortsättningsvis planeras ingå i sågverkets verksamhet bedöms att höjdsättningen måste kunna anpassas till omgivningen. Det finns redan idag en betydande höjdskillnad upp till timmerplanen väster om den f.d. impregneringsplatsen.

I tidigare huvudstudie beskrevs att av geotekniska skäl bör inga större förändringar göras i omedelbar närhet av spårområdet. Vid diskussion med geotekniker finns inget som talar mot att marknivån höjs, inom planen, men geotekniska utredningar krävs för att säkert kunna fastställa detta. Eftersom det finns osäkerheter i möjligheten att höja marknivån behandlas inga åtgärdsalternativ där marknivån förutsätts höjas.

Vidare förutsätts att vägbanken över området som leder till bron över järnvägen inte kommer att nämnvärt påverkas av eventuella efterbehandlingsåtgärder.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

Eftersom Rörvik Timber AB ålagts att omarbета sin vattenhantering från timmerbevattningen förutsätts att detta vatten fortsättningsvis inte längre kommer att ledas genom f.d. impregneringsområdet.

Varken Rörvik Timber AB eller Länsstyrelsen har uttalat några önskemål beträffande tidpunkten då en eventuell efterbehandling måste vara avslutad. Detta ger en större frihetsgrad avseende val av åtgärds metod.

Sågverket har stora markytor inom närområdet som relativt enkelt skulle kunna disponeras som etablerings- och hanteringsytor, förutsatt att man avstår från annan verksamhet på samma ytor under tiden efterbehandlingen pågår. Rörvik Timber AB har inte uttalat sig negativt avseende sådana anpassningar, men av naturliga skäl beror bolagets framtida inställning till de förutsättningar som då råder.

## 7 Potentiella åtgärdstekniker

För att komma fram till ett lämpligt förslag till efterbehandlingsåtgärd för den f.d. impregneringsplatsen har ett antal åtgärdsalternativ utvärderats. Åtgärdsalternativen är baserade på olika kombinationer av några få grundläggande åtgärdstekniker:

- A. **Urschaktning** – Avlägsnande av föroreningar genom urschaktning samt deponeering eller behandling av massor off-site (= på annan plats än efterbehandlingsområdet).
- B. **Jordtvätt (on site)** – Mekanisk separering av förorenade partiklar genom tillsats av vatten. On site innebär att föroreningarna behandlas inom efterbehandlingsområdet.
- C. **Inneslutning genom övertäckning** – Åtgärder i syfte att minska infiltration av nederbörd och risker för direktexponering.
- D. **Stabilisering (in situ)** – Tillsats av ämnen för att genom kemiska eller fysikaliska processer fastlägga föroreningarna. In situ innebär att föroreningarna behandlas där de ligger, dvs. jorden schaktas inte upp innan behandling.

I åtgärdsutredningen från 2005 fanns även åtgärdsteknikerna elektrokinetik och fyto remediering med. I denna uppdaterade åtgärdsutredning har vi valt bort dessa åtgärdstekniker eftersom teknikerna bedöms alltför innovativa med höga osäkerheter.

Fyto remediering (in situ) innebär att man utnyttjar vissa växtarters förmåga att ta upp tungmetaller genom rötterna och koncentrera dessa i växtens ovanjordsdelar, som sedan skördas. Eftersom dessa normalt har relativt grunda rotsystem är fyto remediering oftast begränsad till användning för ytliga föroreningssituationer. Fyto remediering har i Sverige endast använts i liten utsträckning. Metoden innebär en lång saneringsperiod med osäkert resultat.

Elektrokinetik (in situ) innebär separering av metallföroreningar från jordmassan genom att applicera ett elektriskt fält. Metoden är innovativ eftersom tillämpning in situ i full skala än så länge inte pågått i någon stor omfattning. I tillgänglig internationell litteratur identifieras generellt pilotskaleförsök. Osäkerheterna med metodens effektivitet i aktuell situation bedöms vara stora.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

## 7.1 Urschaktning och omhändertagande av jord off-site

Åtgärdsmetoden urgrävning och omhändertagande off-site innebär att det förorenade materialet grävs ur och transporteras till en extern mottagningsanläggning för behandling eller deponering.

I Sverige väljer mottagningsanläggningen om inlämnade förorenade massor ska behandlas eller deponeras. Varje mottagningsanläggning har ett tillstånd som bl.a. reglerar vilken föroreningsmängd som får behandlas respektive deponeras årligen. Detta är en faktor som därmed styr valet av omhändertagandemetod. Eftersom det blir upp till aktuell mottagningsanläggning att avgöra vilken typ av omhändertagande som tillämpas i det aktuella fallet beskrivs inte dessa procedurer i denna åtgärdsutredning.

Borttransporterade massor ersätts med andra massor. I möjligaste mån används utsorterade massor från området för återfyllnad, men det är ofrånkomlig att det även krävs ett tillskott av massor från externa källor. Det antas att de massor som används för återfyllnad är tillräckligt rena<sup>4</sup> och därmed endast bidrar i försumbar omfattning till föroreningsutsläppen från området.

Metoden kan innebära negativ miljöpåverkan p.g.a. borttransport av jorden till mottagningsanläggningen om den sker med lastbil. I och med att förorenade massor grävs bort behövs nya återfyllningsmassor vilket medför ytterligare transporter. Det kan också vara negativt av naturresursskäl beroende på återfyllnadsmassornas ursprung.

I åtgärdsalternativen finns fler alternativ med urschaktning i olika omfattning.

### 7.1.1 Transportsätt – lastbil och tåg

Borttransport av förorenade massor och dittransport av ersättningsmassor kan ske med hjälp av lastbil eller tåg. Transport via lastbil är det absolut vanligaste sättet att transportera förorenad jord.

Aktuellt område ligger invid stambanan och transport via järnväg är således teoretiskt möjligt att genomföra. För att genomföra transport via järnväg är det dock många praktiska frågor som måste hanteras:

#### Mottagningsanläggning

Kontakt med RGS90:s anläggning i Norrköping bekräftar att det har hänt att de tagit emot massor via spår men att det inte sker kontinuerligt.

#### Tågtransportör

En tågtransportör krävs som, har rätt typ av tågvagnar, kan sköta transporter och ordna med logistiken och erforderliga tillstånd med Trafikverket.

#### Tid i spår

Tid i spår måste erhållas från Trafikverket. Generellt är det svårt att få spårtider. Arbeten med drift- och underhåll prioriteras och utan att ha tittat på det i detalj be-

<sup>4</sup> Renhetskravet är olika för förorenade massor som uppkommer inom området och för externa massor. Detta beskrivs utförligare under avsnitt 8.1.



|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

dömer Trafikverket det troligt att tid skulle kunna ges några timmar under natt mot lördag.

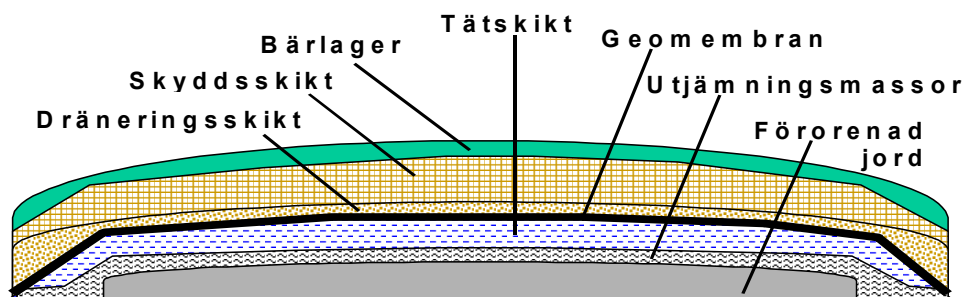
#### Yta för på- och avlastning

Det krävs att körbara ytor för omlastning (på- och avlastning) anläggs vid efterbehandlingsområdet samt där massorna ska lossas.

Transport via järnväg bedöms kunna vara en möjlighet. För att i detalj se över möjligheten samt för att få en prisbild krävs dock detaljerade utredningar av en tågtransportör inklusive kontakt med Trafikverket. För att göra en relevant bedömning krävs information om hur mycket massor som ska transporteras bort, hur mycket massor man hinner lasta ut under aktuell period kopplat till typ av vagnar/tåg, om Jernhusens nya depåspår kan nyttjas vid lastning, bedömning av tillgängliga ytor för omlastning, tillgänglighet i spår etc. Då detta avgörs av vilken mängd massor som ska borttransporteras hanteras inte frågan ytterligare i detta skede. Dock bör möjligheten till tågtransport ses över i projekteringsskedet i det fall ett alternativ som omfattar borttransport av jord sållas fram i riskvärderingen.

## 7.2 Inneslutning genom övertäckning

Övertäckning av markytor kan göras av olika skäl, dels för att begränsa infiltrationen av nederbörd som uppkommer inom området, dels för att fungera som en fysisk barriär mot exponering till föroreningar. Infiltrationsbegränsning kräver en ganska kvalificerad övertäckning, se typskiss i Figur 8. I detta fall har vi antagit att infiltrationsminskningen motsvarar kravet för övertäckningen av en deponi för farligt avfall<sup>5</sup>. Hantering av vatten som avrinner utmed tätskiktet behövs.



**Figur 8.** Principsektion genom en kvalificerad övertäckning.

För att anlägga en barriär krävs tillförsel av massor. För att tillgodose de krav på höjdsättningen inom området som beskrevs ovan innebär anläggningen av en barriär att viss urschaktning ändå måste ske. Vi har antagit att 1 m måste schaktas ur och borttransporteras. Närmare detaljer utreds i samband med projektering av åtgärderna.

<sup>5</sup> Infiltrationen begränsas till högst 5 l/m<sup>2</sup>·år.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

### 7.3 Urgrävning och behandling on-site – jordtvätt

Av de behandlingsmetoder för förorenad jord som kan användas on site kan jordtvätt möjligtvis tillämpas. Innan behandling kan ske med jordtvätt krävs inledande urgrävning.

Den typ av föroreningar som finns inom f.d. impregneringsområdet (tungmetaller) är normalt bundna till jordpartiklarnas yta. Det är generellt de minsta partiklarna som står för den största ytan i förhållande till sin vikt. Vid jordtvätt används ett slutet kretslopp med tvättning med vatten (ev. med tillsatser), gravimetrisk separation och andra tekniker i syfte att avskilja dessa minsta partiklar från övriga massan. Detta resulterar i ”renad jord” samt tvättvatten och slam som innehåller koncentrerade föroreningar. Ju mer finmaterial desto mer slam genereras. Såväl tvättvatten som slam måste vidarebehandlas. Hur detta görs beror på typ och koncentration av föroreningar.

Tvätten placeras i anslutning till den plats som ska saneras. Metoden innebär att man slipper transportera bort förorenade massor. I stället renas jorden på plats och kan därefter användas för återfyllning. Metoden kan därmed anses vara miljömässigt och ur resurssynpunkt fördelaktigt. Den klarar oftast att rena jorden ner till MKM-riktvärden, men KM-riktvärden kan uppnås under gynnsamma förhållanden. Reningsgraden beror av jordartsspecifika egenskaper.

Beroende på behandlingsresultatet kan återanvändningen av behandlade massor dock innebära att halterna är högre i jorden som läggs tillbaka än om man köper in nytt ersättningsmaterial.

Användning av jordtvätt kräver tillstånd enligt miljöbalken varför metoden generellt i Sverige i första hand tillämpas av och hos godkända mottagningsanläggningar för förorenade jordmassor. Behandling med jordtvätt av små kvantiteter förorenade massor är ofta inte lönsam men genom ansamling av stora kvantiteter kan metoden bli lönsam för mottagningsanläggningarna som efter tvätt kan sälja de renade jordmassorna.

Innan 2011 fanns ingen svenskägd mobil jordtvätt varför etablering var kostsam ur både ekonomiskt och miljömässigt perspektiv p.g.a. långa transporter från bl.a. Nederländerna. Under 2011 har en entreprenör skaffat en mindre mobil jordtvätt som kan behandla upp till 20 ton förorenade massor per dag till en uppskattad kostnad av mellan 350 och 600 SEK/ton. I detta ingår vattenrening och omhändertagande av restprodukter (filter från vattenrening och finmaterial i lamellseparator).

Eftersom ovan nämnd anläggning är relativt ny i Sverige kan en oberoende bedömning av dess kapacitet inte utföras. Insamlad information om jordtvätten har enbart inhämtats från entreprenören.

Innan beslut kan tas om användande av metoden krävs pilotförsök för att utreda om metoden är möjlig att tillämpa på aktuella massor, vilken haltreduktion som kan uppnås, samt metodens kapacitet då andelen finmaterial påverkar alla dessa parametrar.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

## 7.4 In situ behandling av förorenad jord – Stabilisering

Stabilisering är i första hand behandlingsmetoder för oorganiska ämnen såsom metaller och kan därför vara aktuellt för f.d. impregneringsområdet. Stabilisering innebär en kemisk process där ett eller flera bindemedel reagerar med de förorenade jordmassorna och skapar en mindre lakningsbar form på föroreningen än vad som ursprungligen var fallet.

Naturvårdsverkets rapport 5696 om stabilisering har visat att metoden kan vara en lämplig efterbehandlingsmetod. Tekniken är fortfarande förhållandevis ny i Sverige och kunskapen är inte lika djup som exempelvis kunskapen om deponering. Risken med metoden är att man vid injekteringen inte ”fångar” källan, dvs. de högsta halterna, varför förnyad injektering krävs.

Samtal har förts med en entreprenör om metoden och de har en engelsk samarbetspartner som har utfört stabilisering av arsenikförorenad jord och grundvatten i fullskala. Metoden innebär injektering av ämnen vilka justerar redoxförhållandena och medför att arseniken övergår i en stabil form. pH justeras inte vilket gör att risken för ökad rörelse av andra metaller i jorden inte ökar. En hög andel organiskt material i jorden ger sämre möjligheter. Vid injekteringen börjar man i ytterkant och arbetar sig inåt för att förhindra spridning i sidled.

Metodens effektivitet beror av bl.a. kornstorleksfördelning, permeabilitetsförhållanden, jordens geokemiska förutsättningar samt föroreningens kemiska sammansättning. Innan behandling kan ske med stabilisering måste således en rad undersökningar och tester utföras för att kunna välja optimal kemikalie- och injekteringsmetod. Utförandet är oftast mycket platsspecifikt. Hur mycket lakningen minskar efter stabilisering är därför svårt att ange, men 90 % bedöms motsvara ett lyckat resultat.

Fördelarna med metoden är att den medför mindre miljöpåverkan än metoder som kräver transporter off-site och att det inte ställs krav på schaktkontroll.

Efter utförd åtgärd krävs dock ett kontrollprogram under ett antal år för att kunna bekräfta uppnådda resultat.

## 7.5 Hantering av länsvatten

I samband med schakt kommer pumpning av länsvatten krävas. I yttligare schakter är det framförallt regnvatten och det vatten som ligger i fyllningsjorden som måste hanteras. I djupare schakter kommer schaktbotten under grundvattenytan. Då moränen under fyllningen är hårt packad bedöms inläckaget av grundvatten från moränen till schaktgropar vara mycket litet. Länshållning sker från sumpgropar inom schakter.

Det rekommenderas att schaktarbeten utförs under vår eller sommar då fyllningen bedöms innehålla minst mängd vatten.

Hanterat vatten kommer vara mer eller mindre förorenat av arsenik och rening måste utföras innan det släpps vidare mot Svartån.

Arsenikförorenat vatten hanteras lämpligen i flera steg. Ett utjämningsmagasin anläggs dit vattnet pumpas för homogenisering. Magasinet anläggs t.ex. genom att en

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

yta grävs ur, varpå man lägger ner en HDPE-duk. Vattnet genomgår först ett fällningssteg och därefter passerar det ett filter innan det släpps ut till recipient. Provtagning av vatten utförs innan utsläpp mot recipienten.

## 8 Studerade åtgärdsalternativ

WSP har kombinerat ihop de olika användbara åtgärdsmetoderna till ett antal åtgärdsalternativ.

### 8.1 Definition av åtgärdsalternativ

I åtgärdsutredningen har 8 alternativ inklusive ett s.k. nollalternativ och ett maxalternativ tagits fram. För samtliga schaktalternativ har delalternativ omfattande jordtvätt också tagits med i syfte att jämföra denna metod med att borttransportera all jord (se ”Urschaktning 1 m” ”Urschaktning djupt delområde D”, ”Urschaktning riktvärde” och ”Urschaktning MKM”).

Maxalternativet innebär ofta att man ska nå bakgrundshalter. För arsenik ligger bakgrundshalten nära riktvärdet för KM i aktuell region<sup>6</sup>, varför KM valts som målhalt för maxalternativet.

I en åtgärdsutredning ska det finnas med ett bästa teknikalternativ (BAT, Best Available Technology). I denna utredning bedöms det vara något av alternativen med jordtvätt.

Naturligtvis finns det fler möjliga kombinationer än de som utvärderats inom ramen för detta uppdrag.

Följande antaganden ligger till grund för de olika åtgärdsalternativen.

Harpning/siktning: I utredningen från 2005 konstaterades utifrån siktcurvor att det borde vara praktiskt möjligt att separera ut en stor andel av jorden genom siktning. För arbetet har antagits att 15% av det grövre materialet kan separeras ut och återanvändas.

Jordtvätt: Gällande jordtvätt är effektiviteten starkt knuten till andelen finmaterial, ju mer finmaterial desto sämre reningsgrad. Utifrån tidigare bestämd korstorlek kan konstateras att andelen jord <0,063 mm i snitt är ca 30 % på undersökta prover. Efter diskussion med entreprenören antas att jordtvätt kan fungera på en viss del av massorna, medan det på jord från andra delar inte är lönt att utföra jordtvätt.

För jordtvätt har därför antagits att 50 % av uppschaktad jord kan jordtvättas. Vidare antas att 90% av jorden når MKM och 10% måste borttransporteras.

Återfyllning: Uppschaktad jord med halter <MKM kan återanvändas inom området.

För inköpta massor antas att halterna motsvarar KM.

Övrigt: Pumpning och behandling av länsvatten ingår i samtliga åtgärdsalternativ förutom nollalternativet och stabilisering.

I alla alternativ ingår röjning av sly och vegetation.

<sup>6</sup> Regional bakgrundshalt 8 mg/kg TS och riktvärdet för KM 10 mg/kg TS.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

Studerade alternativ presenteras i Tabell 16 nedan.

**Tabell 16.** Studerade åtgärdsalternativ Boxholm. Schaktalternativen beaktas med borttransport av samtliga massor alternativt behandling med jordtvätt av 50 % av massorna. PSRV= Platsspecifikt riktvärde. PSRV för ytlig jord (0-1 m) motsvarar MKM.

| Alternativ                                          | Beskrivning av åtgärd                                                                                    |                                                                                       |                                                            | Strategi och kommentar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                     | Delområde D                                                                                              | Delområde G                                                                           | Delområde E                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>0-alternativet</b>                               | -                                                                                                        | -                                                                                     | -                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Urschaktning 1,0 m</b>                           | Ytlig schakt 1 m av jord >PSRV (25 mg/kg TS).                                                            |                                                                                       |                                                            | Ytlig schakt för att reducera exponering av människor.<br><br>En geotextil läggs ut innan återfyllning av massor.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Urschaktning djupt i delområde D</b>             | Djup schakt 0-3 m: Jord >MKM tas bort.                                                                   | Ytlig schakt Jord >MKM (25 mg/kg TS) tas bort i övre 1,0 m                            | Ytlig schakt Jord >MKM (25 mg/kg TS) tas bort i övre 1,0 m | Ytlig schakt för att reducera exponering av människor samt reduktion av högst halter. Högst halter har påträffats i område D.<br><br>En geotextil läggs ut innan återfyllning av massor i område E och G.                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Urschaktning platsspecifikt riktvärde (PSRV)</b> | 0-1 m: Jord >PSRV (25 mg/kg TS) tas bort<br>1-2 m: Jord >PSRV (130 mg/kg TS) tas bort                    | 0-1 m: Jord >PSRV (25 mg/kg TS) tas bort<br>1-2 m: Jord >PSRV (130 mg/kg TS) tas bort | 0-1 m: Jord >PSRV (25 mg/kg TS) tas bort                   | Schakt för att uppfylla PSRV. Vi har i alternativet antagit omättad zon i övre metern i hela området vilket innebär att riktvärde 25 mg/kg TS (MKM) gäller. Vidare antas att omättad zon periodvis kan förekomma mellan 1-2 m i delområde D och G vilket innebär riktvärdet 130 mg/kg TS (omättad zon > 1m). Under 2 m i D och G samt under 1 m i E antas mättad zon och ytterligare schakt görs ej. Inga halter på dessa djup överstiger riktvärdet för skydd av ytvatten. |
| <b>Urschaktning MKM</b>                             | Urschaktning av jord med halter >MKM ner till 3 m.                                                       |                                                                                       |                                                            | Schakt för att uppfylla MKM på samtliga djup.<br><br>All jord med arsenikhalter >MKM (25 mg/kg TS) tas bort.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Övertäckning</b>                                 | Urschaktning 1 m och sedan kvalificerad övertäckning                                                     |                                                                                       |                                                            | Reduktion av exponering av människor samt minskad spridning.<br><br>Motsvarar alt. "övertäckning infiltration" i förra huvudstudien, dvs motsvarande täckning för FA-deponi. Innebär en kombination med urschaktning då antagande gjorts om att höjdsättning inte kan ändras. Antar urschaktning 1 m.                                                                                                                                                                       |
| <b>Stabilisering</b>                                | Stabilisering av jord ner till 3 m i alla områden.                                                       |                                                                                       |                                                            | Minskad spridning.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Max</b>                                          | Urschaktning av jord med halter motsvarande generella riktvärdet för KM ner till 3 m. Borttransporteras. |                                                                                       |                                                            | Schakt för att uppfylla KM på samtliga djup. All jord med arsenikhalter >KM (10 mg/kg TS) tas bort.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

Dikesmassor, sedimentationsdammar och sediment i Svartån hanteras på samma sätt som i 2005 års åtgärdsutredning dvs:

#### Dikesmassor

Förorenat sedimenterat material har konstaterats i diket längs med stambanan. Diket bör rensas i samband åtgärd och i samband med det bör de förorenade dikesmassorna omhändertas.

Mellan impregneringsplatsen och sedimentationsdammarna går dagvatten i en kulvert. Denna bör högtrycksspolas efter utförande av framtida åtgärd för att få bort eventuella kvarlämnade föroreningar, eftersom dessa annars hamnar i sedimentationsdammarna invid Svartån.

#### Sedimentationsdammar

Den exakta omfattningen av förorenat sediment i dammarna är okänd. Eftersom dammarna är relativt små är dock den enklaste lösningen att schakta upp och avvattna dessa massor och därefter hantera de på samma sätt som den förorenade jorden.

#### Sediment i Svartån

Föroreningssituationen i sedimenten i Svartån beror sannolikt på fler källor än Boxholm (WSP, 2005). WSP föreslår därför att frågor kring Svartåns förorenade sediment (utbredning, omfattning, riskbedömning, eventuell efterbehandling m.m.) bör hanteras i ett separat projekt.

## **9 Underlag till projektgruppen inför riskvärdering**

I riskvärderingen jämförs de olika åtgärdsalternativen genom att de värderas avseende olika kriterier. I följande avsnitt redovisas underlag per kriterium för att möjliggöra värderingen.

Inledningsvis presenteras åtgärdsalternativens tekniska genomförbarhet, därefter volymer och behov av ersättningsmassor, uppnådda resultat (snitthalter, mängder, belastning), åtgärdsrelaterade miljö- och hälsorisker, kostnader samt behov av tillstånd.

Utifrån detta underlag bedöms projektgruppen kunna genomföra en riskvärdering enligt Naturvårdsverkets vägledning ”Att välja efterbehandlingsåtgärd” (rapport 5978). I rapporten beskrivs hur riskvärderingen kan göras. I slutet av riskvärderingen bör ett bästa åtgärdsalternativ kunna väljas. Om inget bästa alternativ kan nås kan man behöva backa i urvalsprocessen och identifiera nya alternativ, titta på kombinationer av alternativ etc.

### **9.1 Teknisk genomförbarhet**

”Urschaktning”-alternativen avser schaktning i olika omfattningar och är därmed någorlunda likartade med avseende på praktiskt genomförbarhet. Schaktning utförs i olika omfattning i samtliga alternativ med undantag för ”Stabilisering”.

Urschaktning och transport till mottagningsanläggning är den metod som i störst utsträckning används i Sverige och är således väl beprövad. Nackdelen är det stora



|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

antalet transporter som metoden innebär, liksom dålig resurshushållning. Resultatet är lätt att kontrollera.

De viktigaste skillnaderna avser schaktdjupet och schaktvolymen som måste hanteras. Vi har nu inte tagit hänsyn till om spont behövs men viss släntlutning bedöms behövas vid schakt på stora djup. Detta måste hanteras vidare i projekteringen.

Även schakt som innebär vattenhantering är mer komplicerad. Schakt under grundvattenytan, eller schakt i fyllningsjord som innehåller mycket vatten, innebär omhändertagande av vatten vid schakt. Länshållning p.g.a. nederbörd blir aktuellt i samtliga alternativ som innebär urschaktning. Grundvatten i moränen antas finnas i små volymer. I fyllningsjorden kan dock större volymer vatten förekomma, varför schakt rekommenderas under torrare perioder för att minska detta problem. Vattenhantering bedöms bli aktuellt i samtliga alternativ, med undantag för ”Stabilisering”. Stora schaktdjup behöver inte innebära ökad vattenhantering då vattenmängden i moränen, som nämnts ovan, bedöms vara begränsad.

Blöta massor är tyngre, svårare att hantera och dyrare att omhänderta.

Rening av länshållningsvatten bedöms inte innebära ett tekniskt hinder då metoder för rening av arsenik finns etablerade.

”Övertäckning”-alternativet innebär ett mer invecklat anläggningsarbete, men kan anses vara väl beprövat.

”Stabilisering” är den mest innovativa metoden av de som studerats. Den kräver föregående fält- och laboratorieundersökningar för att utreda möjlighet till metoden, typ av bindemedel etc. Vidare krävs ett kontrollprogram under en period efter utförd åtgärd för att säkerställa att metoden fungerat som planerat.

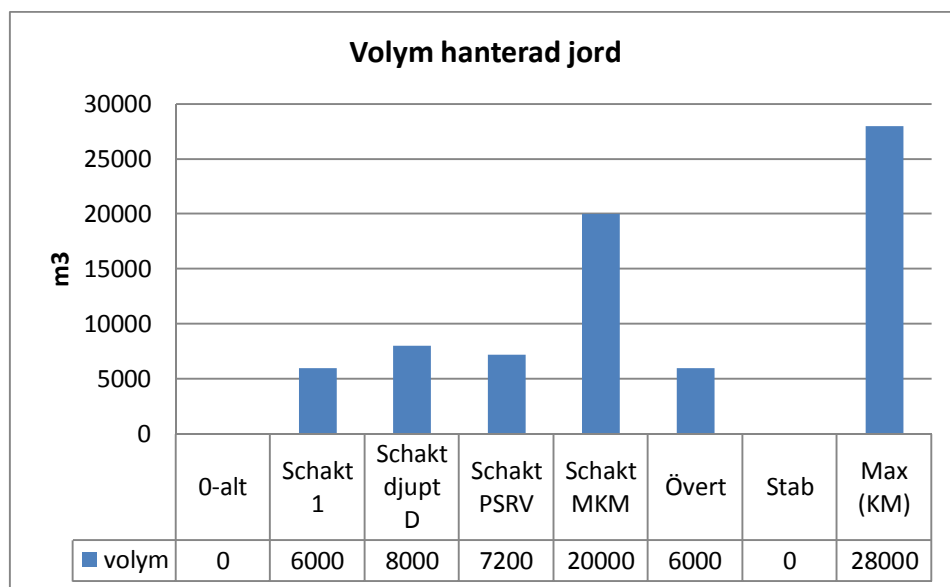
För att bedöma effektiviteten för ”Jordtvätt” krävs föregående fältundersökningar och pilotförsök för att bedöma jordens lämplighet för metoden och dess effektivitet.

Jordtvätt tar i anspråk stora arealer utanför området som behandlas, dels för själva behandlingsanläggningen, dels för tillfälliga upplag av massor innan, under och efter behandlingen. Arbetsytor behövs även för hantering av massor för harpning/siktning i samtliga alternativ som omfattar schakt, länsvattenhantering samt om tågtransport blir aktuellt.

## 9.2 Volym uppschaktad och hanterad jord

Uppskattade schaktvolym, dvs. jord som schaktas upp och hanteras redovisas i Figur 9 för de olika åtgärdsalternativen. Volymerna omfattar den jord som schaktas upp och harpas. Vidare har antagandet gjort att viss schakt även görs av jord som innehåller halter under aktuella målhalterna, dvs. att jord schaktas upp för att komma åt underliggande förorenat material. Denna volym har antagits utgöra 20 % i alternativ ”Urschaktning MKM” och ”Max” och 10 % i resterande alternativ med mindre omfattande schakt.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |



**Figur 9.** Hanterade schaktvolymer per alternativ, m<sup>3</sup>. För jordtvätt är volymen hanterad jord densamma som för bortschaktningsalternativen.

Av figuren framgår av mängden hanterad jord är proportionell mot urschaktningsalternativens omfattning. Eftersom ”Övertäckning” innebär 1 m schakt innan täckmassor läggs på är mängden jord samma som i alternativet ”Urschaktning 1 m”.

”Urschaktning riktvärde” innebär ytterligare 1200 m<sup>3</sup> schakt än alternativ ”Urschaktning 1 m” då ytterligare 1 m jord åtgärdas i delområde D och G.

Alternativen som omfattar åtgärder på djupet till antingen målhalt MKM eller KM (Maxalternativet) innebär att ca 3-5 ggr större volymer hanteras gentemot alternativ med 1 m schakt.

Volymen förorenat sediment i sedimentationsdammarna som behöver schaktas upp har bedömts vara ca 600 kubikmeter<sup>7</sup>.

### 9.3 Volym för borttransport

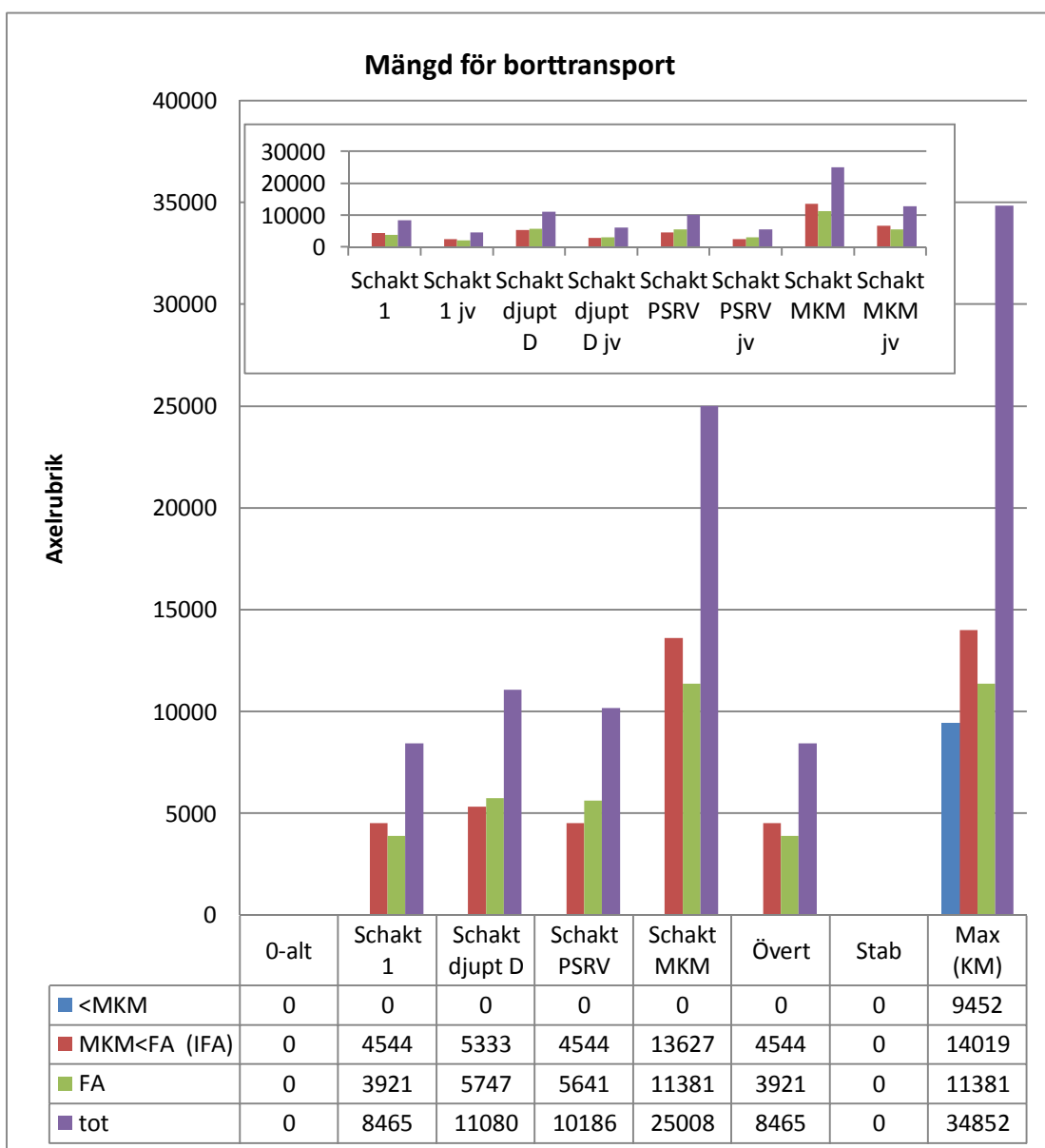
I Figur 10 redovisas volym för borttransport. Mängderna är indelade per föroreningsklass kopplat till hanteringen på mottagningsanläggningar. Jord med halter som uppfyller kraven för MKM kan eventuellt hanteras som inert avfall, men detta måste verifieras med skaktester innan borttransport. Om massorna inte uppfyller kraven för utlakning hanteras massorna som IFA. Jorden som klassificeras som FA måste även analyseras med skaktest innan borttransport för karakterisering av avfallet. IFA-jord antas kunna transporteras till Tuddarp i Motala och FA-jord till RGS90:s anläggning i Norrköping.

Avfall Sveriges rekommenderade haltgräns för klassning av arsenikförorenad jord som farligt avfall ligger på 1000 mg/kg (Avfall Sverige, 2007). För deponering av

<sup>7</sup> Två dammar à 15 x 20 meter med ca 1,0 m förorenat sediment i respektive damm.

|                       |                                                                                              |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie  |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                          |                                                                                     |
|                       |                                                                                              |                                                                                     |

avfall på deponi för inert, icke-farligt samt farligt avfall gäller mottagningskriterier enligt Naturvårdsverkets föreskrifter NFS 2004:10. De två skakförsök som är utförda inom f.d. impregneringsområdet vid Boxholms sågverk indikerar att jord med arsenikhalter >100 mg/kg TS överskrider mottagningskriterierna för deponering av avfall som icke-farligt avfall. Utifrån detta har jord med halter av arsenik >100 mg/kg TS antagits omhändertas på extern deponi för farligt avfall (FA) och jord med lägre halter har antagits kunna omhändertas på en deponi för icke farligt avfall (IFA).



**Figur 10.** Mängder för borttransport per alternativ, ton. I den mindre bilden redovisas de olika schaktalternativen med och utan jordtvätt (Jv).

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

Samtliga alternativ innebär borttransport av både IFA- och FA jord, dock i olika omfattning. I ”Max” måste även jord med halter under riktvärdet för MKM transporteras bort vilket innebär drygt 10 000 ton ytterligare. Precis som för volymen hanterad jord är mängden borttransporterad jord proportionell mot urschaktningsalternativens omfattning.

”Urschaktning riktvärde” och ”Urschaktning djupt i delområde D” omfattar i stort sett samma mängd jord som behöver borttransporteras medan ”urschaktning MKM” innebär ca 3 ggr så stor volym som ska borttransporteras.

I alternativen som omfattar jordtvätt framgår att jordtvättsalternativet innebär att halva mängden borttransporteras till skillnad från att all jord borttransporteras. Egentligen är det 10 % ytterligare som borttransporteras i jordtvättsalternativet i form av koncentrerad förorening som separerats ut i slam och filter, men detta framgår inte i denna figur som endast hanterar mängd uppschaktad jord.

#### 9.4 Behov av ersättningsmassor

Alternativ som omfattar schakt innebär även att ungefär lika stor mängd återfyllningsmassor måste införskaffas, hanteras och packas för att markytan återigen ska vara användningsbar.

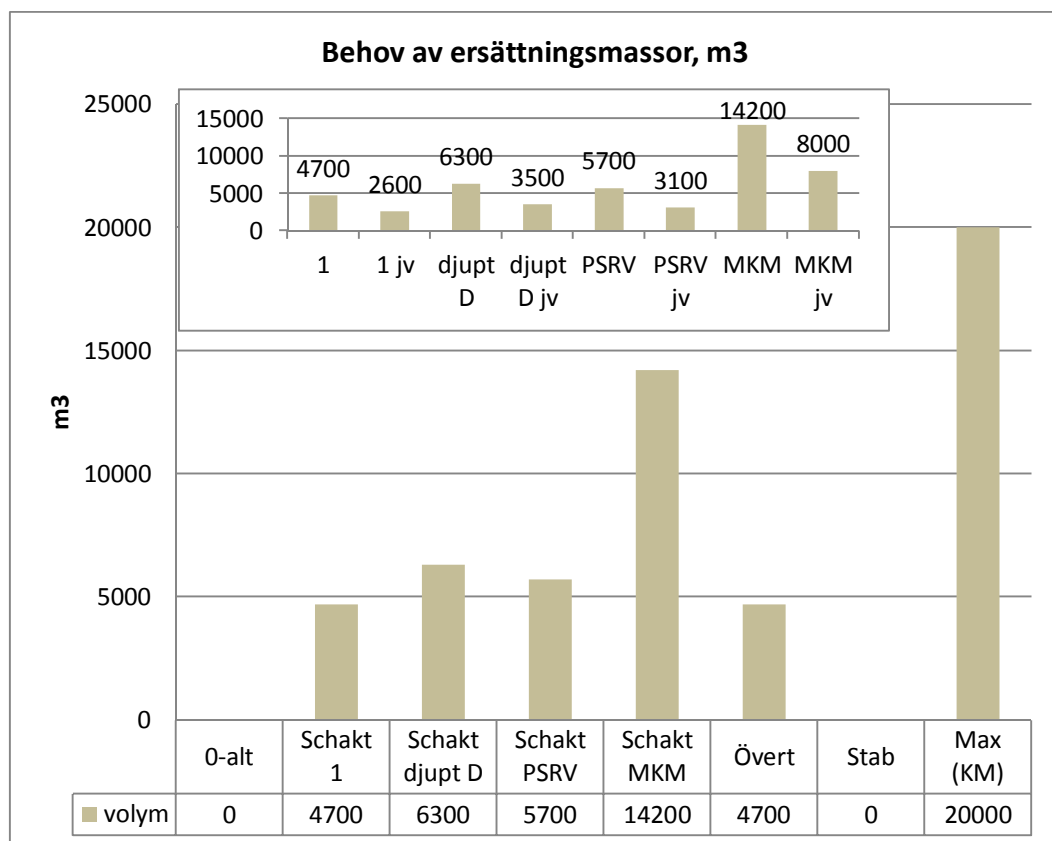
I beräkningarna antas att uppschaktad jord harpas/siktas varvid 15 % grövre material kan sorteras ut och återanvändas, eftersom grövre jordfraktioner oftast är mindre förorenade än finare fraktioner.

För jordtvättsalternativen antas att hälften av mängden uppschaktad jord kan jordtvättas. Av den jord som jordtvättas antas att 90% av jorden når kraven på rening (dvs, MKM) medan 10% måste borttransporteras och därmed ersättas.

Det uppskattade sammanlagda behovet av ersättnings- och täckningsmassor från externa källor redovisas i Figur 11.

Behovet av ersättningsmassor från externa källor för respektive åtgärdsalternativ kan användas för värdering av hushållning av naturresurser. Behovet ökar med minskad andel återanvändning på plats. Jordtvättsalternativ möjliggör en större andel återanvändningsbara massor och mindre behov av externa massor.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |



**Figur 11.** Behov av ersättningsmassor per alternativ, m<sup>3</sup>. I den mindre bilden redovisas de olika schaktalternativen med och utan jordtvätt (Jv).

## 9.5 Utvärdering av uppnådda resultat

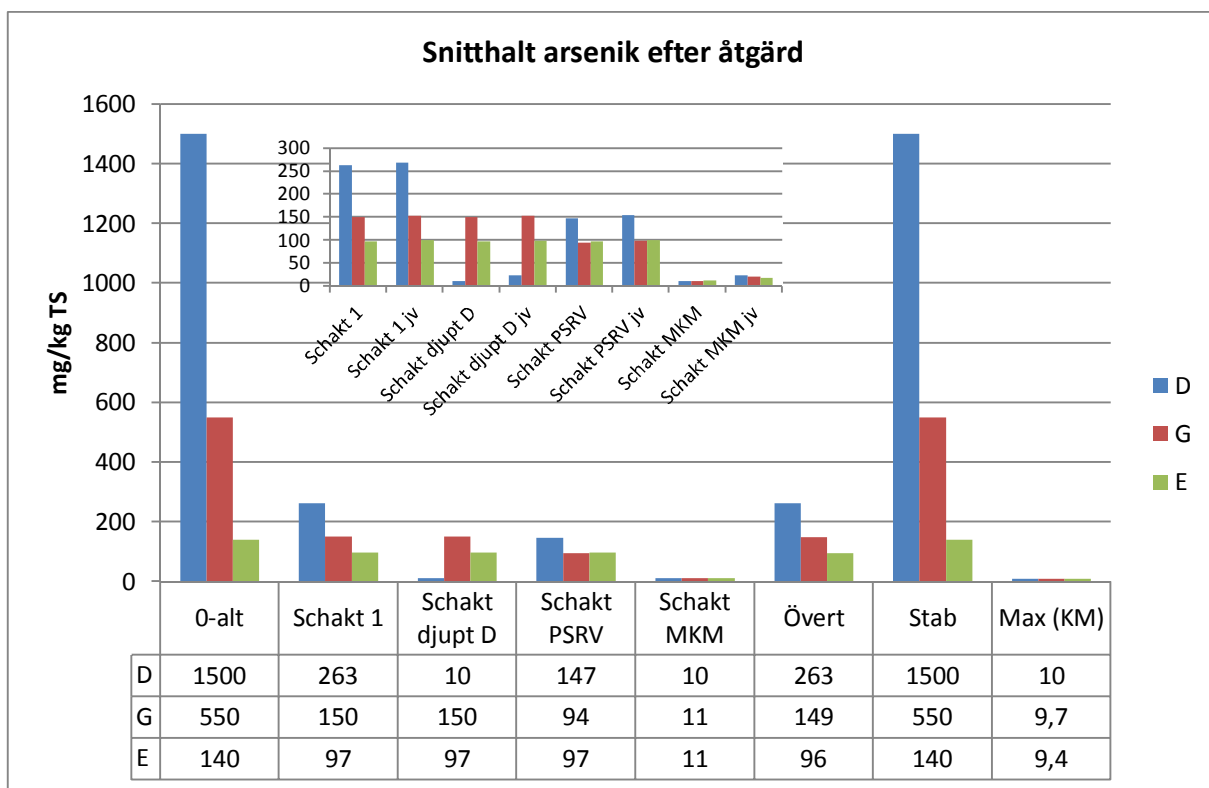
”Urschaktning” är effektiv avseende reducering av föroreningsmängd. ”Stabilisering” minskar inte föroreningsmängden men innebär en reduktion av spridningsriskerna. ”Övertäckning” innebär i detta fall även en reduktion av föroreningsmängden och exponeringen på grund av att områdets höjdsättning ska bibehållas, motsvarande ”Urschaktning 1 m”. Spridningsriskerna för kvarlämnade ämnen reduceras dessutom genom den kvalificerade övertäckningen.

Föroreningshalter och -mängder i jord har beräknats för att beskriva nuvarande situation samt för att prognosticera resultatet av olika åtgärdsalternativ. I beräkningarna antas att föroreningar finns ner till 3 m djup. I beräkningarna ingår bakgrundshalter. Nuvarande situation motsvarar 0-alternativet. I avsnitten nedan redovisas beräkningsresultat av arsenikmängder och halter av arsenik efter åtgärd.

### 9.5.1 Snitthalt i jord

I Figur 12 nedan redovisas den beräknade snitthalten av arsenik i jord per delområde efter åtgärd. Ingen åtgärd (nollalternativet) motsvarar nuläget.

|                       |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br><br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br><br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |



**Figur 12.** Beräknade medelhalter av arsenik efter åtgärd, mg/kg TS. I den mindre bilden redovisas de olika schaktalternativen med och utan jordtvätt (Jv).

Snitthalten i 0-alternativet (nuläge) visar att den högsta halten finns i delområde D och därefter G och E, vilket förklaras av hur verksamheten bedrivits historiskt.

Samtliga schaktalternativ och övertäckningsalternativet innebär att förorenade massor med medelhalter av arsenik över farligt avfall (FA) tas bort.

Som beskrivits ovan i avsnitt 5.2.1 är arsenikhalterna tydligt högre i den övre 0,5 m inom delområde D och G. En meters urschaktning innebär att snitthalten för arsenik i kvarliggande jord i delområde D och G minskar tydligt (framförallt i delområde D), vilket även framgår av Figur 12. I delområde E är snitthalten jämförelsevis låg redan i nuläge varför en tydlig effekt av åtgärd först märks vid alternativen "Urschaktning MKM" och "Max".

Alternativ "Urschaktning Riktvärde" minskar snitthalten arsenik till drygt hälften jämfört med alternativ "Urschaktning 1 m" i delområde D och G.

Ovanstående halter är ett snitt i hela jordvolymen och ger en bild av föroreningsituationen som helhet. Vid en värdering av enbart hälsorisker blir därför denna information missvisande då man i samtliga alternativ åtgärdar den ytliga jorden för att förhindra risk för människors hälsa. Detta kan exemplifieras genom att titta på alternativ "Urschaktning 1 m", där den övre metern i område D efter åtgärd inte har en medelhalt på 260 mg/kg TS eftersom den övre metern är utskiftad.



|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

Enligt riskbedömningen ska snitthalten i den översta metern jord uppfylla kraven för PSRV 0-1 m vilket är 25 mg/kg TS (motsvarar således MKM), vilket den gör genom att massor skiftas i alternativ "Urschaktning 1 m", "Urschaktning riktvärden", "Urschaktning MKM", "Jordtvätt MKM" samt i "Max". Alternativet "Urschaktning djupt i delområde D" innebär att MKM uppfylls ner till 3 m i delområde D och att det finns ett ytligt 1,0 meter mäktigt skydd mot exponering i delområde G och E. Snitthalten av arsenik i delområde D i alternativ "Urschaktning djupt delområde D" är således densamma som i alternativ "Urschaktning MKM".

Alternativet "Övertäckning" innebär föregående schakt av 1 m jord, vilket innebär att detta alternativ motsvarar Alternativ "Urschaktning 1 m" avseende snitthalt As efter åtgärd. Dock innebär "Övertäckning" även att infiltrationen och därmed förutsättningar för spridning till omgivningen minskar.

Stabilisering innebär inte någon reduktion av snitthalt. Stabilisering innebär dock att föroreningarna fastläggs varvid riskerna för spridning minskar ändå. I praktiken är det rimligt att tro att även den ytliga jorden behöver skiftas vid stabilisering, men för att ha tydliga skillnader mellan alternativen har vi valt att inte göra den kombinationen.

Jordtvättsalternativ innebär att knappt hälften av den uppschaktade jorden kan återanvändas till skillnad från alternativen där allt borttransporteras och ersätts med KM. Skillnaden i halt efter åtgärd är dock marginell.

Lägre resthalter anses innebära en högre grad av måluppfyllelse.

## 9.6 Kvarlämnade föroreningsmängder

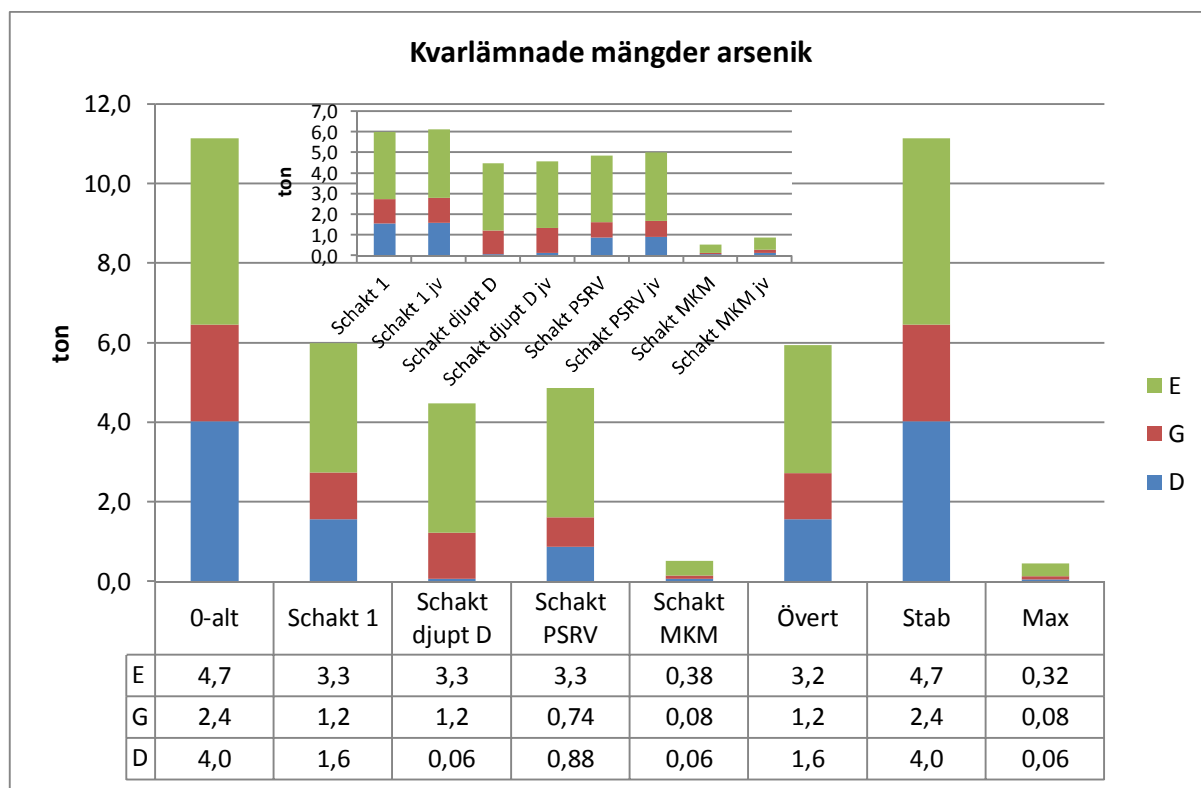
I Figur 13 presenteras restmängden arsenik, vilket även kan användas för att resonera kring hur effektiv metoden är för att ta bort mängden föroreningar. Restmängden minskar med ökad andel åtgärdad volym samt med lägre målhalt. Åtgärdsalternativ som avlägsnar en större andel förorenad jord innebär därmed en högre grad av måluppfyllelse. Alternativ som inte tar bort förorenad jord kan dock ändå ha gjort jorden renare eller föroreningarna mindre rörliga som i alternativet "Stabilisering" samt "Övertäckning", där det senare i detta fall även är kombinerat med föroreningsreduktion.

Av 0-alternativet kan utläsas att den största mängden arsenik finns i delområde E och D, följt av G. E har mycket lägre medelhalter än både D och G men totalmängden förorening blir ändå hög p.g.a. områdets storlek.

"Urschaktning 1 m" innebär drygt en halvering av arsenikmängden. Framför allt blir reduktionen tydlig i delområde D, p.g.a. de höga halterna i ytlig jord.

I urschaktning "Urschaktning djupt delområde D" är mängden kvarlämnad arsenik i Delområde D mycket låg, motsvarande alternativet MKM. I alternativet "Urschaktning riktvärde" är andelen kvarlämnad mängd totalt sett något högre jämfört med "Urschaktning djupt delområde D". Skillnaden mellan alternativen beror på att delområde D i "Urschaktning riktvärde" inte åtgärdas ner till 3 m djup samt att målhalten skiljer sig mellan alternativen.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |



**Figur 13.** Beräknade kvarlämnade mängder arsenik (ton) för de olika åtgärdsalternativen. I den mindre bilden redovisas de olika schaktalternativen med och utan jordtvätt (Jv).

”Urschaktning riktvärde” medför en reduktion med drygt 60 % av den ursprungliga arsenikhalt. ”Urschaktning riktvärde” innebär, jämfört med ”Urschaktning 1 m” att ytterligare 1 m schaktas ur (dock med annan målhalt) i omättad zon. Åtgärden innebär att ytterligare ca 25 % arsenik tas bort i delområde D och G.

I ”Övertäckning” lämnas lika mycket arsenik som vid alternativ ”urschaktning 1 m”, dock innebär övertäckningen begränsad infiltrationsmängd vilket reducerar spridningsrisken.

I ”Stabilisering” lämnas all förorening kvar (motsvarande nollalternativet), men spridningen reduceras eftersom föroreningen fastläggs.

Skillnaden mellan jordtvättsalternativ och motsvarande alternativ med enbart borttransport skiljer p.g.a. av att man i jordtvättsalternativ återfyller med renade massor som motsvarar MKM, medan borttransporterade massor ersätts av KM. Skillnaden blir större i alternativet som innebär större volymer.

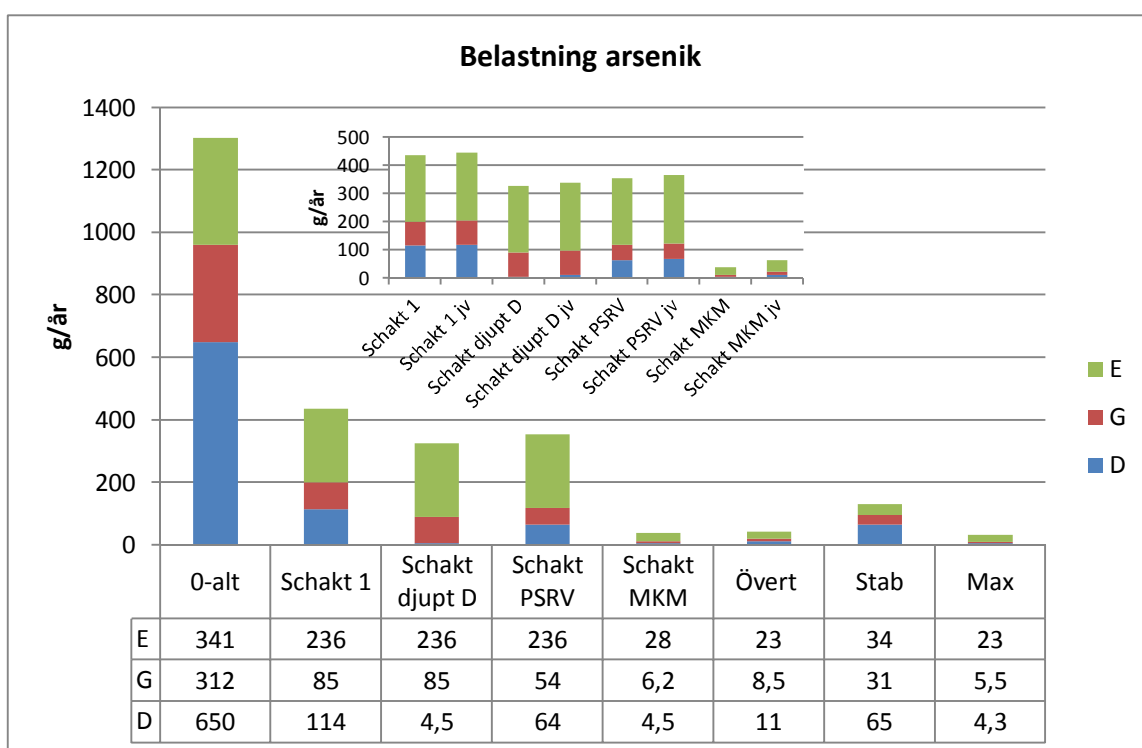
## 9.7 Belastning

I Figur 14 nedan presenteras beräkning av belastningen av arsenik (g/år) på omgivningen. Alternativen ”Stabilisering” och ”Övertäckning” innebär en minskad belastning men inte kopplat till reduktion i föroreningsmängd. Exakt vilken reduktion av spridning som uppnås vid stabilisering kan inte förutsägas utan pilotförsök, men

|                       |                                                                                              |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Natur-<br>vårdsverkets nomenklatur för huvudstudie  |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                              |                                                                                     |
| Status: Slutversion   |                                                                                              |                                                                                     |

spridningen kan antas vara låg. För att kunna göra en jämförelse mot övriga alternativ har belastningen antagits minska med 90 % för ”Stabilisering”. Vid beräkning av belastning för alternativ ”Övertäckning” har infiltrationen antagits reduceras med 90 %. Dock innebär kvarlämnande av förorening en större risk för spridning i framtiden, kopplat till osäkerheter i metodernas beständighet, och åtgärderna behöver kombineras med kontrollprogram.

För bedömning av belastningen finns inga jämförvärden utan en jämförelse får göras utifrån nuläge. MKM-alternativen kan användas för jämförelse för hur belastningen är om hela området uppfyller kraven för detta riktvärde.



**Figur 14.** Beräknade belastning arsenik (g/år) för de olika åtgärдалternativen. I den mindre bilden redovisas de olika schaktalternativen med och utan jordtvätt (Jv).

För tydligheten presenteras även den procentuella reduktionen avseende belastningen relativt nuläge i Tabell 17.

|                       |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |

**Tabell 17.** Reduktion av arsenik avseende belastningen mot nuläge (%).

| Alternativ                     | Reduktion As |
|--------------------------------|--------------|
| Noll                           | 0 %          |
| Urschaktning 1,0 m             | 67%          |
| Urschaktning djupt delområde D | 75%          |
| Urschaktning riktvärden        | 73%          |
| Urschaktning MKM               | 97%          |
| Övertäckning                   | 97%          |
| Stabilisering                  | 90%          |
| Max                            | 97%          |

Av informationen ovan kan konstateras att alla studerade alternativ reducerar belastningen med minst ca 2/3 jämfört med nuvarande situation.

”Urschaktning djupt i D” och ”Urschaktning riktvärden” innebär motsvarande reduktion avseende belastning (ca 75%).

”Urschaktning MKM” och ”Max” innebär att merparten av belastningen reduceras. Anledningen till att det inte skiljer något mellan alternativen är att i båda alternativen återfylls det med KM-massor samt att det i MKM alternativet antas att snitthalten i kvarlämnad jord, innan återfyllning, är lägre än MKM.

Även för ”Övertäckning” reduceras belastningen motsvarande ”MKM” och ”Max” tack vare den reducerade infiltrationen. En exakt siffra på den reducerade infiltrationen saknas dock, varför detta baseras på ett antagande. Samma gäller för ”Stabilisering”.

## 9.8 Kvarvarande hälso- och miljörisker efter åtgärd

Uppfyllelse av övergripande åtgärds mål avseende hälsa och spridning redovisas översiktligt i Tabell 18. Riskbedömningen har visat att nollalternativet innebär en risk för hälsa och miljö.

Samtliga schaktalternativ och övertäckningsalternativet uppfyller det övergripande målet för hälsoskydd kopplat till exponering av förorenad jord inom området, eftersom föroreningar i ytskiktet avlägsnas ner till målhalt MKM. I stabiliseringsalternativet kvarstår halter i ytan som kan utgöra en hälsorisk vid intag av jord.

Med tanke på den osäkerhet om resultaten som kvarstår efter en in situ-behandling kan sådana åtgärder ge en lägre grad av måluppfyllelse. Till exempel kan stabiliseringsalternativet behöva kombineras med ytlig schakt för att säkerställa att de höga maxhalter som finns i den ytliga jorden tas bort.

Åtgärdsalternativen ”Urschaktning MKM” och ”Max” bedöms reducera samtliga hälsorisker kopplat till jordexponering oavsett djup inom fastigheten. För ”Max” även för grundvatten, då det generella riktvärdet för grundvatten omfattar skydd av grundvatten på platsen.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

För övriga schaktalternativ lämnas halter i djupare jord över riktvärden för ytlig jord, vilket innebär att restriktioner avseende djupa markarbeten kan behövas så att inte högre halter blandas in i ytlig jord. För ”Nollalternativet” och ”Stabilisering” är restriktioner ej aktuellt eftersom samtliga föroreningar lämnas kvar och för ”Övertäckning” gäller restriktioner för att inte bryta det tätskikt som ska minska spridningen.

**Tabell 18.** Uppfyllelse av övergripande åtgärds mål. - = ej relevant/aktuellt.

| Åtgärdsalternativ  | Hälsa | Spridning | Restriktion djup jord >1 m |
|--------------------|-------|-----------|----------------------------|
| Noll               | Nej   | Nej       | -                          |
| Schakt 1 m         | Ja    | Ja        | Ja                         |
| Schakt djupt omr D | Ja    | Ja        | Ja, område E och G         |
| Schakt PSRV        | Ja    | Ja        | Ja                         |
| Schakt MKM         | Ja    | Ja        | Nej                        |
| Stabilisering      | Nej   | Ja        | -                          |
| Övertäckning       | Ja    | Ja        | Ja                         |
| Max (schakt KM)    | Ja    | Ja        | Nej                        |

Miljörisker för omgivning efter åtgärd kan bedömas avseende damning och spridning via grundvatten och dagvatten.

I samtliga alternativ, utom stabilisering, åtgärdas ytliga föroreningar varför risken för damning blir försumbar.

Utlakning och spridning med grundvatten är den viktigaste faktorn för skydd av omgivningsmiljön. Samtliga åtgärdsalternativ reducerar föroreningsmängden (källtermen) eller minskar spridningsbenägenheten. Med tanke på den osäkerhet om resultaten som trots allt kvarstår efter en in situ-behandling anses sådana åtgärder ge en lägre grad av måluppfyllelse när det gäller skydd för omgivningen.

”Stabilisering” och ”Övertäckning” innebär att risken för spridning via grundvattnet är låg. ”Stabilisering” innebär en viss osäkerhet avseende långsiktighet. Metoden ”Övertäckning” kan anses vara mer beprövad då lösningen används i deponisammanhang samt att detta alternativ även kombineras med föroreningsreduktion.

Gällande spridning till Svartån ligger platsspecifikt riktvärde för skydd av ytvatten långt över beräknade snitthalter efter åtgärd oavsett alternativ, både gällande omätad och mättad zon. Gällande bedömning av påverkan på recipienter måste hänsyn dock även tas till belastning (g/år). Samtliga alternativ innebär att minst 2/3 av belastningen minskar till omgivningen, vilket bedöms uppfylla det övergripande åtgärds målet om spridning.

Skydd av grundvatten på plats säkerställs i ”Max” och för omgivningen i ”Urschaktning MKM” och ”Jordtvätt MKM”

Sett till långsiktighet, t.ex. vid förändrad markanvändning och en eventuell framtida rivning, skiljer sig alternativen, beroende på kvarlämnad mängd förorening.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

### 9.8.1 Restriktioner på markanvändning efter genomförda åtgärder

Åtgärdsalternativ där föroreningar över de tillämpliga riktvärdena för yttlig jord lämnas kvar i marken medför att marken måste beläggas med restriktioner avseende ändring av markanvändning eller vid schaktning och dyl. som kan innebära att föroreningar kommer upp till markytan eller att spridning av föroreningar ökar.

”Stabilisering” eller ”Övertäckning” innebära inte en begränsning av att skapa en körbar yta inom det åtgärdade området.

## 9.9 Åtgärdsrelaterade miljö- och hälsorisker

I Tabell 19 nedan redovisas bedömda åtgärdsrelaterade miljö- och hälsorisker per åtgärdsmetod.

**Tabell 19.** Bedömda åtgärdsrelaterade miljö- och hälsorisker per åtgärdsmetod.

| Åtgärdsmetod                      | Åtgärdsrelaterade miljörisker                                                                                                                                                                   | Åtgärdsrelaterade hälsorisker                                                                                                   |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Urschaktning och transport</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Damning (föroreningsspridning)</li> <li>• Ökad spridning till grundvatten</li> <li>• Koldioxidutsläpp.</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intag av jord och damm</li> <li>• Hudkontakt.</li> <li>• Olyckor vid schakt</li> </ul> |
| <b>Jordtvätt</b>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Damning (föroreningsspridning)</li> <li>• Koldioxidutsläpp (dock från mindre antal transporter än åtgärdsmetod där allt borttransporteras).</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intag av jord och damm</li> <li>• Hudkontakt.</li> </ul>                               |
| <b>Stabilisering</b>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spridning av föroreningar i grundvatten vid injektering.</li> <li>• Sämre förutsättningar för markmiljö (markmiljö beaktas dock ej)</li> </ul>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exponering för stabiliseringsmedel.</li> </ul>                                         |

### 9.9.1 Åtgärdsrelaterade hälsorisker

Samtliga åtgärdsalternativ som omfattar schakt kan leda till föroreningsexponering – främst inandning av partiklar genom damning men även hudkontakt med förorenad matris. Damning och hudkontakt kan dock motverkas genom relativt enkla skyddsåtgärder, vilket också bedöms vara fallet med exponering för stabiliseringsmedel.

Större schaktvolym ger längre genomförande- och därmed exponeringstid. I den ytliga jorden i område D och G har högst halter påträffats och denna jord omfattas av schakt i samtliga alternativ med undantag för ”Stabilisering”.

### 9.9.2 Åtgärdsrelaterade miljörisker

Värderingen av åtgärdsrelaterade miljörisker kan baseras på bedömd påverkan genom koldioxidutsläpp och damning vid schakt, transport och jordtvätt. Ingen specifik beräkning av koldioxidutsläpp har gjorts men kan antas vara proportionerlig mot hanterade schaktmängder.

Förutom ”0-alt” och ”Stabilisering” innebär samtliga åtgärdsalternativ ett transportarbete till och från området.



|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

Hantering av mindre schaktvolymmer bedöms innebära små miljörelaterade risker under åtgärd. Detta innebär att alternativ som inkluderar stabilisering eller jordtvätt genererar färre transporter, och därmed antas generellt ha en lägre miljöpåverkan.

WSP förutsätter att alla åtgärdsmetoder, inklusive schaktning, stabilisering, grundvattenrening och hantering av länshållningsvatten utförs av erfarna entreprenörer, vilket därmed innebär en låg sannolikhet för föroreningsutbredning till omgivningen.

## 9.10 Åtgärdsrelaterade störningar

Schakt och transporter ger upphov till trafik och buller, vilket kan innebära en störning för människor i närområdet. Störningen är grovt proportionerlig mot hanterade schaktmängder. Stora mängder ger längre genomförandetid för schakt, längre drifttid för mobil jordtvätt samt fler transporter.

## 9.11 Uppskattade efterbehandlingskostnader

Uppskattade kostnader för efterbehandling enligt de olika alternativen har beräknats grovt. Antaganden, använda å-priser, beräkningar och resultat redovisas i Bilaga 13. Det har inte upprättats någon detaljerad kalkyl.

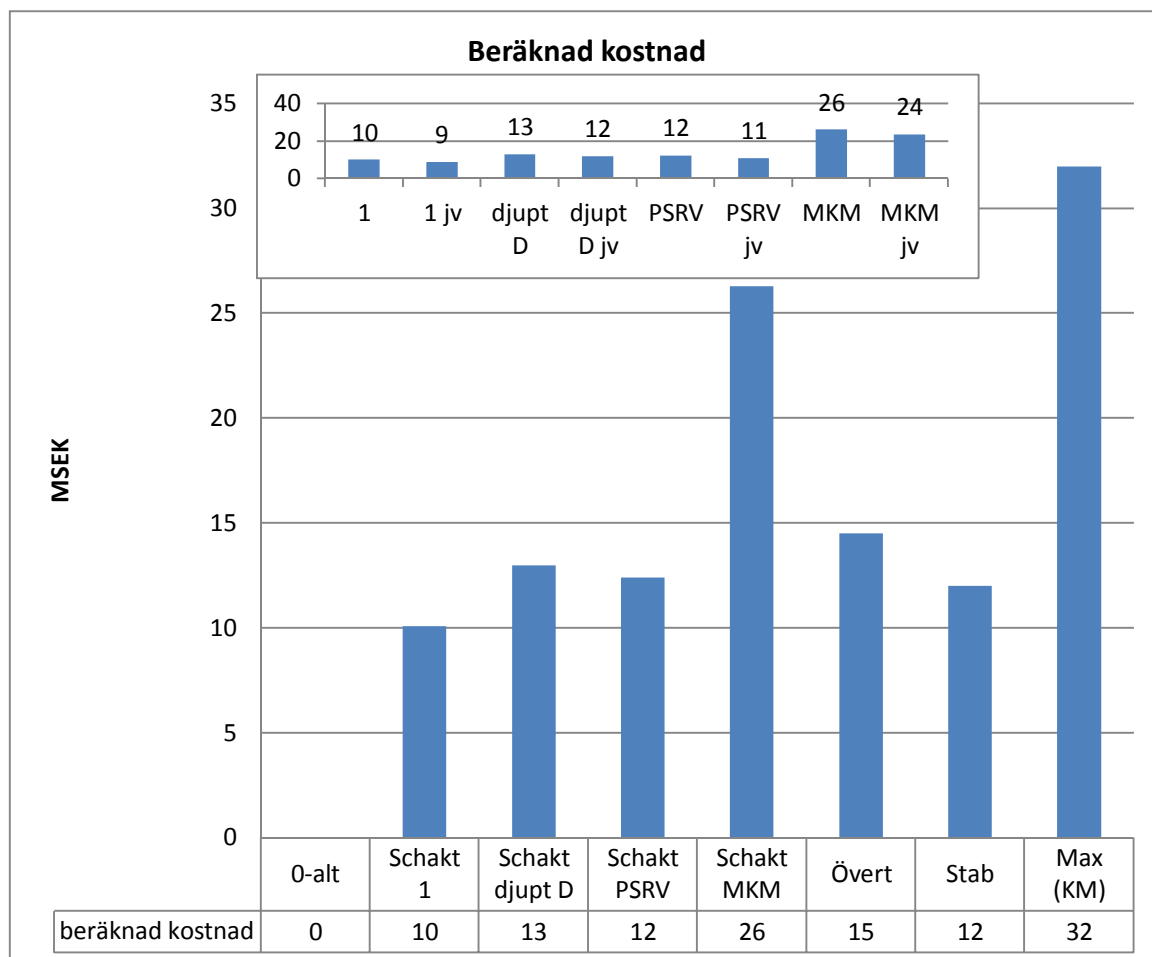
I den kostnadsuppskattning som gjorts för alternativen ingår en schablonkostnad för miljökontroll i alla alternativ med undantag för ”Stabilisering”. Miljökontrollen syftar till att inför start av saneringsåtgärd klassificera och karakterisera jorden. Kostnad för kompletterande undersökningar och pilottester för ”Stabilisering” och ”Jordtvätt” har inkluderats. Kostnader för projektering, eventuell spont och merkostnad för jordhantering p.g.a. släntlutningar ingår inte. Vidare är vattenhantering mycket svår att uppskatta och en antagen kostnad har använts. Vidare har ingen kostnad för vattenhantering i kombination med övertäckningsalternativet tagits med.

Kostnaden för att högtrycksspola kulverten mellan impregneringsområdet och sedimentationsdammarna är endast några tusen kronor, vilket ingår i felmarginalen för ovanstående beräkningar. Dock tillkommer en kostnad för vattenhanteringen.

Uppschaktat sediment från sedimentationsdammarna bör kunna hanteras på motsvarande sätt som förorenad jord. Kostnaden för denna hantering uppskattas till ca 0,4-0,6 Mkr, vilket bör läggas till ovanstående kostnader.

I Figur 15 presenteras de beräknade kostnaderna för de olika alternativen.

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |



**Figur 15.** Grovt beräknade kostnader per alternativ (MSEK). I den mindre bilden redovisas de olika schaktalternativen med och utan jordtvätt (Jv).

Kostnaden mellan de olika alternativen (förutom 0-alternativet) ligger mellan ca 10 och 32 MSEK.

Alternativ med jordtvätt blir något billigare i jämförelse med att samtlig jord borttransporteras.

Alternativ "Övertäckning" är ca 5 MSEK dyrare än "Urschaktning 1m". Alternativen innebär samma reduktion av förorening, dock innebär "Övertäckning" en mer effektiv riskreduktion avseende spridning till omgivningen.

### 9.11.1 Kostnadseffektivitet

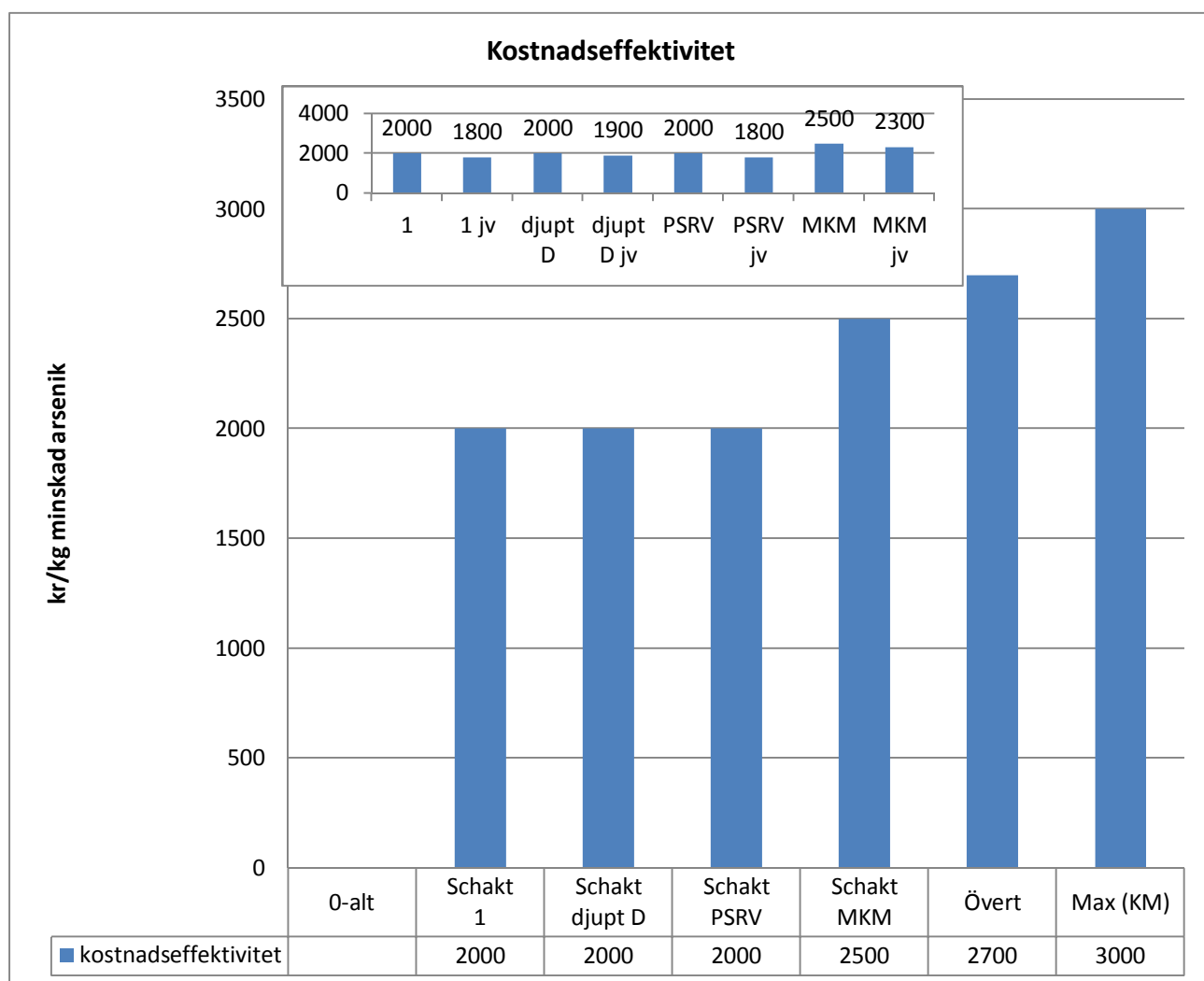
För bedömning av kostnadseffektivitet vill man betrakta kostnad för att reducera risk. I detta fall då olika metoder studeras är det svårt att hitta en gemensam parameter som kan användas då metoderna minskar risken på olika sätt.

|                       |                                                                                              |                                                                                     |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk,<br>inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie       |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                          |                                                                                     |
|                       |                                                                                              |                                                                                     |

”Urschaktning” reducerar såväl exponering som spridning av föroreningar genom att ta bort föroreningskällan. ”Stabilisering” minskar också spridning genom att omge föroreningen med en matris som är kemiskt och fysikaliskt inert, dock reduceras inte föroreningsmängden som vid urschaktning eller exponeringen.

WSP har valt att endast betrakta kostnadseffektiviteten för en del av riskreduktionen, dvs. minskningen av arsenikmängden.

I Figur 16 redovisas kostnadseffektiviteten som kostnad i kronor per kilo reducerad arsenikmängd. För ”Stabilisering” minskar inte arsenikmängden varför detta alternativ inte redovisas i Figuren nedan.



**Figur 16.** Kostnadseffektivitet avseende minskning av arsenikmängden – kostnad kr per reducerat kg arsenik. I den mindre bilden redovisas de olika schaktalternativen med och utan jordtvätt (Jv).

|                       |                                                                                           |                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun |  |
| Daterad: 2013-07-01   | Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie    |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 | Status: Slutversion                                                                       |                                                                                     |

Av figuren framgår att är alternativ ”Urschaktning 1 m”, Schakt djupt i D och ”Urschaktning riktvärde” är likvärdiga avseende kostnadseffektivitet och att dessa är de mest kostnadseffektiva alternativen för att reducera mängden arsenik. Generellt är de alternativ som omfattar större schaktvolym, dvs. djupare schakt, mindre effektiva vilket är en spegling av att de högsta halterna återfinns i den ytliga jorden.

Kostnadseffektiviteten för ”Övertäckning” är lägre än för ”Urschaktning 1 m”. Båda minskar föroreningsmängden lika mycket, men eftersom ”Övertäckning” omfattar återfyllnad motsvarande deponikrav blir kostnaden högre. Dock medför detta alternativ ett mervärde genom mindre belastning, vilket inte framgår av figuren ovan.

## 9.12 Behov av tillstånd enligt miljöbalken

Generellt är efterbehandlingsåtgärder anmälningspliktiga. Behandling på plats av uppgrävd förorenad jord i de mängder som är aktuella i detta fall är normalt även tillståndspliktig. Eftersom beredning av ett tillståndsärende medför flera komplikationer bedöms åtgärdsalternativ som kräver tillstånd vara mindre positiva än övriga åtgärder. Användning av jordtvätt kräver tillstånd enligt miljöbalken.

## 10 Slutsatser och rekommendationer

F.d. impregneringsverksamheten inom Boxholms sågverk har förorenat marken söder om vägbanken med främst arsenik, men även koppar och krom. Störst påverkan ses vid in- och utgången till tidigare tryckcylinder. Förorening har påträffats från markytan och ner till mellan 2,5 och 3 m, i både fyllning och naturlig underliggande morän. Föroreningen är inte avgränsad i djupled. Även grundvattnet inom området är förorenat och diken som dränerar området.

Totalt beräknas ca 26 000 m<sup>3</sup> jord vara förorenad av impregneringsverksamheten. Riskbedömningen visar att det finns ett behov av riskreduktion för att: Säkerställa acceptabla hälsorisker på kort och lång sikt i yttlig jord (arsenik); Säkerställa acceptabla hälsorisker på lång sikt i djup jord (arsenik); Förbättra markmiljön i yttlig jord (arsenik, koppar, krom); Minska belastningen på grund- och ytvatten (arsenik).

Arsenik bedöms bli styrande för åtgärdsbehovet. För att reducera hälsoriskerna bör exponeringen av människor minskas, vilket kan uppnås genom att förhindra kontakten med jord eller genom att minska halterna i jord. Riskreduktion för markmiljön kan endast uppnås genom att minska halterna i jord. För spridning till ytvatten och grundvatten kan en riskreduktion uppnås genom att minska spridningen från området eller genom att minska halterna i området.

I åtgärdsutredningen har 7 alternativa åtgärdsförslag (förutom ett nollalternativ som motsvarar nuläge) tagits fram, som i olika omfattningar och på olika sätt syftar till att minska riskerna för människa och miljö på plats och i omgivningen. Alternativen omfattar olika tekniker: urschaktning med efterföljande borttransport till mottagningsanläggning alternativt efterföljande jordtvätt (in situ), stabilisering (in situ) och övertäckning. Teknikerna har i de olika åtgärdsförslagen använts enskilt eller i kombination. Självklart kan andra kombinationer bli aktuella än de som redovisas i denna rapport.

|                       |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |

Som underlag inför en riskvärdering har åtgärdsmetoderna utvärderats avseende följande kriterier: Teknisk genomförbarhet, Uppnådda resultat (kvarlämnade mängder och halter), Kvarvarande miljö- och hälsorisker, Åtgärdsrelaterade effekter – hälsa, miljö, störningar, klimatpåverkan, Totalkostnader och kostnadseffektivitet samt Behov av tillstånd enligt miljöbalken.

Utifrån framtaget underlag bedöms en riskvärdering kunna utföras enligt Naturvårdsverkets vägledning "Att välja efterbehandlingsåtgärd". I slutet av riskvärderingen bör ett bästa åtgärdsalternativ kunna väljas.

Nedan preciseras ett antal punkter som bör beaktas innan slutligt val av åtgärd och tillvägagångssätt. Naturligtvis kan det finnas flera moment som bör beaktas mer detaljerat.

- Vid val av alternativ som omfattar borttransport av massor bör en mer detaljerad bedömning av möjlighet till tågtransport göras för aktuellt alternativ.
- Kompletterande provtagning vid industrispåret behöver göras. Eventuellt kan man efter det göra en mer detaljerad indelning av område E och anpassa åtgärder efter detta.
- Jordtvätt ger vid våra beräkningar ungefär samma kostnad som att borttransportera allt. Eftersom miljönyttan är större vid jordtvätt än vid borttransport bör detta övervägas, dock krävs föregående fält- och pilotförsök.
- De mottagningsavgifter som använts i denna utredning kan variera efter hur situationen på mottagningsanläggningar ser ut, t.ex. generell massbalans i regionen, behov av täckmassor m.m. Därför bör alltid offert tas in då möjliga anläggningar och priser kan variera med tiden.
- Detsamma gäller även kostnaden för ersättningsmassor som kan variera beroende på massbalans. Naturligtvis är det också önskvärt med korta transportavstånd. Både p.g.a. kostnad, men även miljöskäl.
- En geoteknisk utredning bör utföras för att undersöka möjligheten att höja marknivån. Om detta är möjligt kan t.ex. en övertäckning utföras utan föregående schakt och borttransport.

Stockholm 2013-09-17

WSP Environmental



Ann Helén Österås



Jenny Forsberg

|                       |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Uppdragsnr: 10169370  | F.d. impregneringsområde vid Boxholms sågverk, inom del av Bredgård 1:92, Boxholms kommun<br>Uppdaterad miljöteknisk utredning enligt Naturvårdsverkets nomenklatur för huvudstudie<br>Status: Slutversion |  |
| Daterad: 2013-07-01   |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |
| Reviderad: 2013-09-17 |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                     |

## 11 Referenser

- Avfall Sverige, 2007. Uppdaterade bedömningsgrunder för förorenade massor. Rapport 2007:01.
- CCME, 2007. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. SUMMARY TABLE, Update 7.1. December 2007.
- Grontmij, 2011. Kompletterande geoteknisk och miljöteknisk underökning. Depå Boxholm, Boxholms kommun. Kompletterande PM Miljö (Etapp 3).
- Jernhusen, 2012. Anmälan om schakt i förorenad jord för nytt industrispår inom del av Rörvik Timbers AB fastighet i Boxholm. Uppdr. nr. 10003461.
- Naturvårdsverket, 2000. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Rapport 4913.
- Naturvårdsverket, 2008. Förslag till gränsvärden för särskilda förorenande ämnen. Rapport 5799.
- Naturvårdsverket, 2009a. Riskbedömning av förorenade områden. En vägledning från förenklad till fördjupad riskbedömning. Rapport nr 5977.
- Naturvårdsverket, 2009b. Riktvärden för förorenad mark. Modellbeskrivning och vägledning. Rapport nr 5976.
- Naturvårdsverket, 2009c. Att välja efterbehandlingsåtgärd. En vägledning från övergripande till mätbara åtgärds mål. Rapport nr 5978.
- SLU, 2009. Bakgrundshalter av metaller i Svenska inlands- och kustvatten. Institutionen för vatten och miljö, SLU, Rapport 2009:12
- Socialstyrelsen, 2003. Socialstyrelsens allmänna råd om försiktighetsmått för dricksvatten. SOFS 2003:17.
- SGU, 2008. Sveriges geologiska undersöknings föreskrifter om statusklassificering och miljö kvalitetsnormer för grundvatten. SGU-FS 2008:2.
- WSP, 2005. PM, Boxholms sågverk, Boxholm kommun. Huvudstudie. Uppdrags nr 10059718.