

# TRELLEBORGS KOMMUN

## MILJÖTEKNISK UTREDNING RÖRANDE SPRIDNING AV PFAS- ÄMNEN FRÅN GAMLA ALBÄCKSDEPONIN

2020-01-20



# TRELLEBORGS KOMMUN

Miljöteknisk utredning rörande spridning av PFAS- ämnen från gamla Albäcksdeponin

## KUND

Trelleborgs kommun

## KONSULT

### **WSP Environmental Sverige**

Box 574

WSP Sverige AB

201 25 Malmö

Besök: Jungmansgatan 10

Tel: +46 10 7225000

**wsp.com**

## KONTAKTPERSONER

Mats Hagman – 010-722 63 02

mats.hagman@wsp.com

Jonas Bermin – 010-722 63 11

Jonas.bermin@wsp.com

UPPDRAGSNAMN

Miljöteknisk utredning rörande  
spridning av PFAS- ämnen från  
gamla Albäcksdeponin

UPPDRAGSNUMMER

10287767

FÖRFATTARE

Jonas Bermin/ Mats Hagman/  
Per Sander

DATUM

2020-01-20

ÄNDRINGSDATUM

Granskad av

Per Sander/ Mats Hagman

Godkänd av

Mats Hagman

# INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>5</b>
1.1	BAKGRUND OCH SYFTE	5
1.2	OMFATTNING	5
1.3	BEGRÄNSNINGAR	5
1.4	UPPLYSNINGSPLIKT	5
<b>2</b>	<b>OMRÅDESBESKRIVNING</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>TIDIGARE UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR OCH UTREDNINGAR</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>GENOMFÖRANDE AV FÄLTUNDERSÖKNING</b>	<b>7</b>
4.1	GRUNDEVATTENPROVTAGNING	7
4.2	JORDPROVTAGNING	7
<b>5</b>	<b>JÄMFÖRVÄRDEN</b>	<b>7</b>
5.1	YT- OCH GRUNDEVATTEN	7
5.2	JORD	7
<b>6</b>	<b>RESULTAT AV FÄLTUNDERSÖKNING</b>	<b>8</b>
6.1	GEOLOGI OCH GRUNDEVATTEN	8
6.2	FÄLT OBSERVATIONER OCH FÄLTANALYSER	8
6.3	LABORATORIEANALYSER	9
<b>7</b>	<b>SAMLAD BEDÖMNING UTIFRÅN RESULTAT</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>RISKBEDÖMNING</b>	<b>14</b>
8.1	RECIPIENT OCH SKYDDSOMRÅDE	14
8.2	NUVARANDE OCH PLANERAD MARKANVÄNDNING	14
8.3	ÖVERGRIPANDE ÅTGÄRDSMÅL	14
8.4	PROBLEMBESKRIVNING	14
8.5	EXPONERINGSANALYS	16
8.6	EFFEKTANALYS	17
8.7	RISKKARAKTERISERING	18
8.8	OSÄKERHETER	19
8.9	RIKSBEDÖMNINGENS SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	19
<b>9</b>	<b>ÅTGÄRDSFÖRSLAG FÖR ATT MINIMERA SPRIDNING AV PFAS-ÄMNEN</b>	<b>19</b>
9.1	INLEDANDE ANALYS AV ÅTGÄRDSMETODER	19
9.2	ÅTGÄRDSALTERNATIV	23
<b>10</b>	<b>KOSTNADER</b>	<b>29</b>
<b>11</b>	<b>SAMLAD BEDÖMNING- ÅTGÄRDSALTERNATIV</b>	<b>30</b>
<b>12</b>	<b>FÖRSLAG TILL KOMPLETTERANDE UNDERSÖKNINGAR</b>	<b>31</b>

## BILAGOR

Bilaga 1	Plan- provtagningspunkter
Bilaga 2	Fältprotokoll
Bilaga 3	Sammanställning av analysresultat jord med jämförvärden
Bilaga 4	Sammanställning av analysresultat grundvatten med jämförvärden
Bilaga 5	Analysprotokoll

# 1 INLEDNING

WSP har på uppdrag av Trelleborgs kommun undersökt spridningen av PFAS- ämnen till omgivningen från gamla Albäckdeponin.

## 1.1 BAKGRUND OCH SYFTE

Uppdraget ingår som del i ett större uppdrag där WSP har fått i uppgift att ta fram ett åtgärdsprogram för hantering av PFAS med fokusering på PFOS i lakvatten från Albäcksdeponin. Tidigare utförd provtagning i deponins dräneringssystem samt i grundvattenrör placerade utanför dräneringssystem påvisat förhöjda halter av PFAS.

Syftet med uppdraget har varit att undersöka omfattningen av spridning av PFAS- till omgivningen från den gamla Albäcksdeponin samt undersöka källtermen till PFAS- förekomsten. I uppdraget ingår även att ta fram en riskbedömning, förslag till åtgärder för att minimera spridningen av PFAS till omgivningen samt ge förslag till kompletterande undersökningar för att få en bättre bild av spridningen.

## 1.2 OMFATTNING

Arbetet har omfattat följande moment:

- Historisk inventering av aktiviteter inom brandövningsplatsen
- Fältundersökning med provtagning av yt- och grundvatten i befintliga och nyinstallerade grundvattenrör samt jordprovtagning inom brandövningsplatsen.
- Analys av jord och grundvatten
- Sammanställning av provtagningsresultaten i rapport inklusive riskbedömning och åtgärdsförslag

## 1.3 BEGRÄNSNINGAR

Bedömningarna i rapporten baseras på det underlag som fanns tillgängligt under uppdragstiden. WSP tar inte på sig ansvar för konsekvenser om rapporten används för andra ändamål än den ursprungligen var avsedd för.

Provtagningsstrategi och urval av analysparametrar är grundade på erfarenhetsmässiga bedömningar och branschpraxis. Det kan inte uteslutas att det finns förorening i punkter eller områden som inte har undersökts eller att det förekommer ämnen och föreningar som inte analyserats.

## 1.4 UPPLYSNINGSPLIKT

Enligt miljöbalken 10 kap 11§ ska den som äger eller brukar en fastighet oavsett om område tidigare ansetts förorenat genast underrätta tillsynsmyndigheten om det upptäcks en förorening på fastigheten och föroreningen kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön.

Vi rekommenderar därför att rapporten delges den lokala tillsynsmyndigheten.



## 4 GENOMFÖRANDE AV FÄLTUNDERSÖKNING

Undersökningen har utförts i enlighet med WSPs kvalitetsinstruktioner och tillämpliga delar enligt SGF:s rutiner (rapport 2:2013) samt instruktioner från analyslaboratoriet.

### 4.1 GRUNDVATTENPROVTAGNING

För grundvattenprovtagningen installerades åtta stycken grundvattenrör med hjälp av skruvborr monterad på borrhandsvagn mellan 2019-09-25 och 2019-09-27 med personal från WSP. För läge, se bilaga 1. Protokoll från borrhningen redovisas i bilaga 2. Grundvattenrör installerades med 2 meter filter i grundvattenzonen vid möjlighet.

Grundvattenprovtagningen utfördes i 20 stycken grundvattenrör, 8 st nyinstallerade och 12 st befintliga. Ytterligare ett vattenprov togs i dräneringssystemet. Läget för alla provplatser för grundvatten finns redovisade i bilaga 1.

Grundvattenrören lodades och omsattes den 3 oktober 2019 och provtagningen utfördes den 7 oktober 2019. Provtagningen utfördes med hjälp av en peristaltisk pump som pumpade upp vattnet genom rakt ner i dedikerade PFAS provkärl. Proven skickades sedan till Eurofins för analys av PFAS.

### 4.2 JORDPROVTAGNING

Jordprovtagningen utfördes i samband med installationen av grundvattenrör. Jordprov uttogs vid 12 provpunkter där jord provtogs samtliga mellan 0-0,5 meter under markyta. I fem punkter provtogs även jord i anslutning till påträffad grundvattenyta.

De uttagna jordmassorna lades direkt i provtagnings påsar och skickades till Eurofins för analys av PFAS.

## 5 JÄMFÖRVÄRDEN

### 5.1 YT- OCH GRUNDVATTEN

Halter av ämnet PFOS i grundvattnet jämförs med det av Statens geotekniska institut (SGI) framtagna förslag till riktvärde för förorenat grundvatten (SGI publikation 21, 2015) som de har beräknat utifrån metodiken som beskrivs av Naturvårdsverket (NV 5976). Inget riktvärde avseende grundvatten för mindre känslig markanvändning har presenterats i skrivande stund. Det föreslagna riktvärdet är 45 ng/l. För det preliminära riktvärdet är det skydd av grundvatten som en naturresurs som är styrande följt av intaget av grundvatten som dricksvatten. Som skydd för spridning till ytvatten anges ett riktvärde i grundvatten på 230 ng/l.

Vidare har Livsmedelsverket tagit fram rekommendationer för dricksvatten som en summa av 11 speciellt utvalda PFAS-ämnen. Rekommendationerna presenteras som en åtgärdsgräns (90 ng/l) samt en maxgräns där konsumtion av vattnet bör avbrytas (900 ng/l). De 11 PFAS ämnena är de samma som analyserats vid de olika provpunkterna och presenteras i bilaga 6.

### 5.2 JORD

Halter av ämnet PFOS i grundvattnet jämförs med det av Statens geotekniska institut (SGI) framtagna förslag till riktvärde för känslig markanvändning och mindre känslig markanvändning (SGI publikation 21, 2015) som de har beräknat utifrån metodiken som beskrivs av Naturvårdsverket (NV 5976). Riktvärdet för känslig markanvändning (KM) är 3 µg/kg TS och för mindre känslig markanvändning (MKM) är riktvärdet 20 µg/kg TS.



## 6 RESULTAT AV FÄLTUNDERSÖKNING

### 6.1 GEOLOGI OCH GRUNDEVATTEN

De djupa borrhningarna inom BÖP (5 st, 1902- 1905 och 1910) visade på ett ytligt fyllningsmaterial av friktionsjord, främst sand och grus, med inslag av tegel och glas. Fyllningen av friktionsjord underlagrad av deponerat material/ avfall med stort inslag av material från industrin i Trelleborg (gummi och plast). Övergången mellan fyllningen av friktionsjord och deponerat avfall är i flera punkter diffus men tolkas generellt vara belägen mellan 1- 2 m under befintlig markyta inom BÖP. Borrhningarna har i två punkter nått naturligt lagrad jord vilket ger att mäktigheten på deponerat material uppgår till minst 4- 6 m. Deponerat material underlagras av torv alternativt siltig sand.

Borrhning i punkt 1907, 1908 och 1909 utfördes utanför BÖP. Borrhningarna i dessa punkter utfördes ner till mellan 5- 6 m och visade enbart på ett relativt tunt lager (0,5- 1 m) av fyllningsjord (deponins övertäckning) underlagrat av deponerat avfall.

Grundvattnet vid borrhningarna påträffades på ett djup av 5- 5,5 m under markytan inom BÖP, vilket motsvarar nivåer på mellan 2.2 och 2.6 meter över havet med en årlig variation med amplitud på ungefär 0,6 meter. Enligt WSP PM "Albäcks äldre avfallsupplag; Beräkning av erforderlig lakvattenuppsamling" är grundvattenströmningen troligen riktad åt söder och sydväst från BÖP.

För detaljerad information av jordlagerföljden, se bilaga 2.

### 6.2 FÄLT OBSERVATIONER OCH FÄLT ANALYSER

Vid borrhningsarbetena påträffades en riklig mängd avfall, främst gummi och plast men även glas, tegel, hushållssopor och trä.

I samband med grundvattenprovtagningen påträffades cirka 13 cm frifas av en obestämd petroleumprodukt i grundvattenrör 1903 och 1905. Inga analyser har utförts för att bestämma vad detta är för ämne eller i vilka halter det förekommer i grundvattnet.



## 6.3 LABORATORIEANALYSER

### 6.3.1 Jord

Analyserade halter av PFOS presenteras tillsammans med SGI:s förslag till riktvärde för KM och MKM i Tabell 1. Alla analyserade halter presenteras i bilaga 3 och analysrapporter presenteras i bilaga 5.

Tabell 1. Analyserade halter i jord av PFOS. Där riktvärdet för KM överskrids markeras PFOS halten med ett understrykande streck (samtliga provpunkter). Där riktvärdet för MKM överskrids är halterna även markerade med röd färg. Som nämnts i avsnitt 5.2 är de föreslagna riktvärdena 3 µg/kg TS för KM och 20 µg/kg TS för MKM.

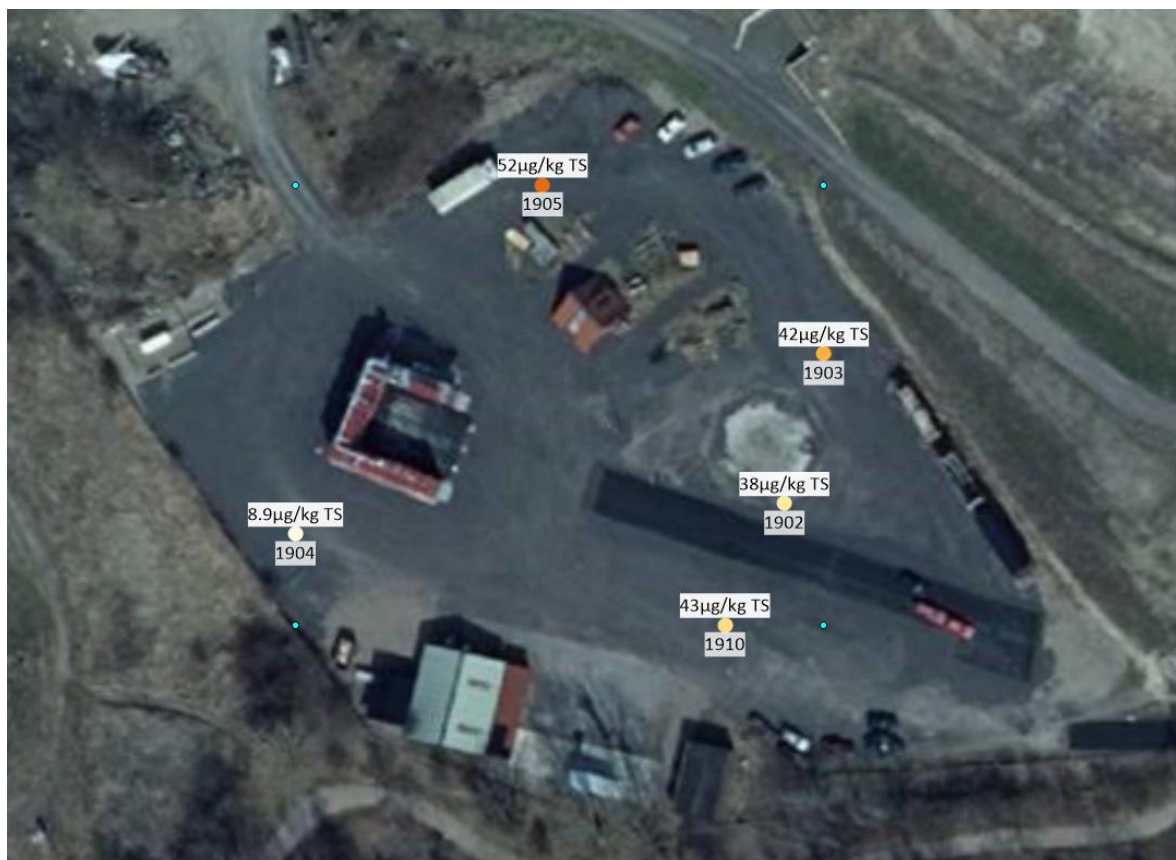
Provpunkt	Provdjup (m)	PFOS (µg/kg TS)
19a	0 - 0,5	<u>300</u>
19b	0 - 0,5	<u>490</u>
19c	0 - 0,5	<u>370</u>
19d	0 - 0,5	<u>850</u>
19e	0 - 0,5	<u>18</u>
19f	0 - 0,5	<u>1300</u>
19g	0 - 0,5	<u>24</u>
GV1902	0 - 0,5	<u>20</u>
GV1902	5,6 - 6,0	<u>14</u>
GV1903	0 - 0,5	<u>440</u>
GV1903	5 - 5,5	<u>24</u>
GV1904	0 - 0,5	<u>120</u>
GV1904	8,25 - 9,0	<u>4,7</u>
GV1905	0 - 0,5	<u>160</u>
GV1905	4,5 - 5	<u>34</u>
GV1910	0 - 0,5	<u>190</u>
GV1910	5,5 - 6,0	<u>17</u>

Samtliga analyserade jordprov överskrider det föreslagna riktvärdet för känslig markanvändning. Tolv av de 17 analyserade jordproven överskrider även det föreslagna riktvärdet för mindre känslig markanvändning.

Resultaten av de ytliga proverna (0 – 0,5 meter under markyta) presenteras i Figur 2 och resultaten av de djupare jordproven presenteras i Figur 3.



Figur 2. Figur som visar provpunkter för den ytliga jordprovtagningen (0 – 0,5 meter under markyta) på brandövningsplatsen. Provpunktens namn är precis under cirkeln som markerar provet och PFOS halt i µg/kg TS är precis över provpunkten. Färgskalan representerar PFOS halt där en högre halt ger en mörkare färg.



Figur 3. Figur som visar provpunkter för den djupa jordprovtagningen på brandövningsplatsen. Provpunktens namn är precis under cirkeln som markerar provet och PFOS halt i µg/kg TS är precis över provpunkten. Färgskalan representerar PFOS halt där en högre halt ger en mörkare färg.

### 6.3.2 Grundvatten

Analyserade halter av PFOS och summa av de 11 PFAS som identifierats av SLV presenteras tillsammans med SGI:s förslag till riktvärde för förorenat grundvatten samt SLV:s åtgärdsgränser för dricksvatten i Tabell 2. Alla analyserade halter presenteras i bilaga 4 och analysrapporter presenteras i bilaga 5.

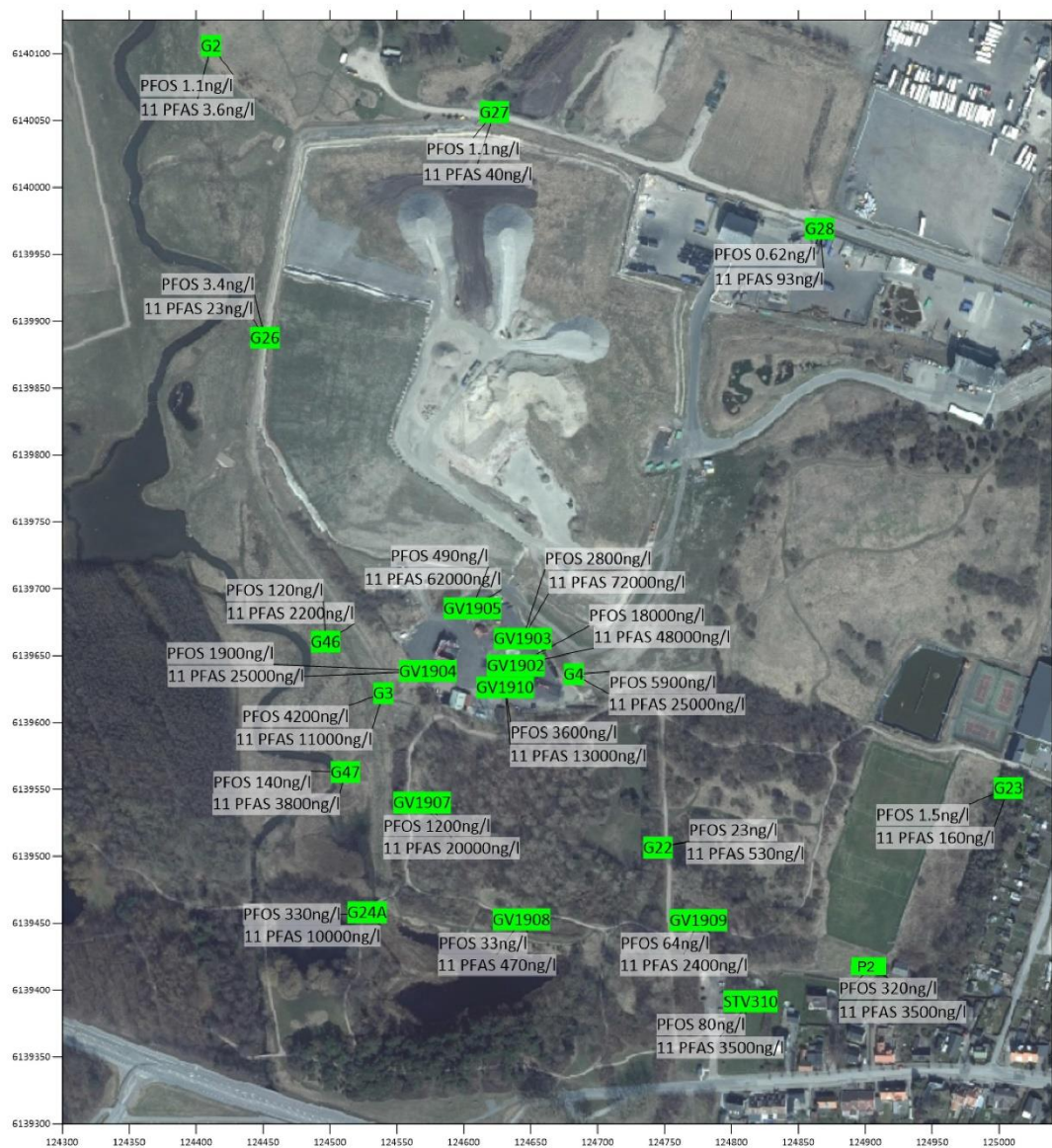
Tabell 2. Analyserade halter i vatten av PFOS samt Summa 11 PFAS. Där riktvärdet för förorenat grundvatten överskrider är PFOS-halten understryken och där halten överskrider den föreslagna halten för skydd för spridning till ytvatten är PFOS-halten färgad röd. Där åtgärdsgränsen för dricksvatten överskrider är summa 11 halten färgad, då färgen är gul är halten mellan åtgärdsgränsen och maxhalten och då färgen är röd ligger halten över maxhalten.

Provplats	PFOS (ng/l)	PFAS Σ11 (ng/l)
G2	1,1	3,6
G22	23	525
G23	1,5	159
G26	3,4	22,7
G27	1,1	39,5
G28	0,62	93,4
G3	<u>4 200</u>	10 850
G4	<u>5 900</u>	24 982
G46	<u>120</u>	2 215
G47	<u>140</u>	3 830
GV1902	<u>18 000</u>	48 179
GV1903	<u>2 800</u>	72 433
GV1904	<u>1 900</u>	25 130
GV1905	<u>490</u>	62 490
GV1907	<u>1 200</u>	20 020
GV1908	33	466
GV1909	<u>64</u>	2 447
GV1910	<u>3 600</u>	12 570
GV24A	<u>330</u>	10 020
P2	<u>320</u>	3 520
STV310	<u>80</u>	3 520

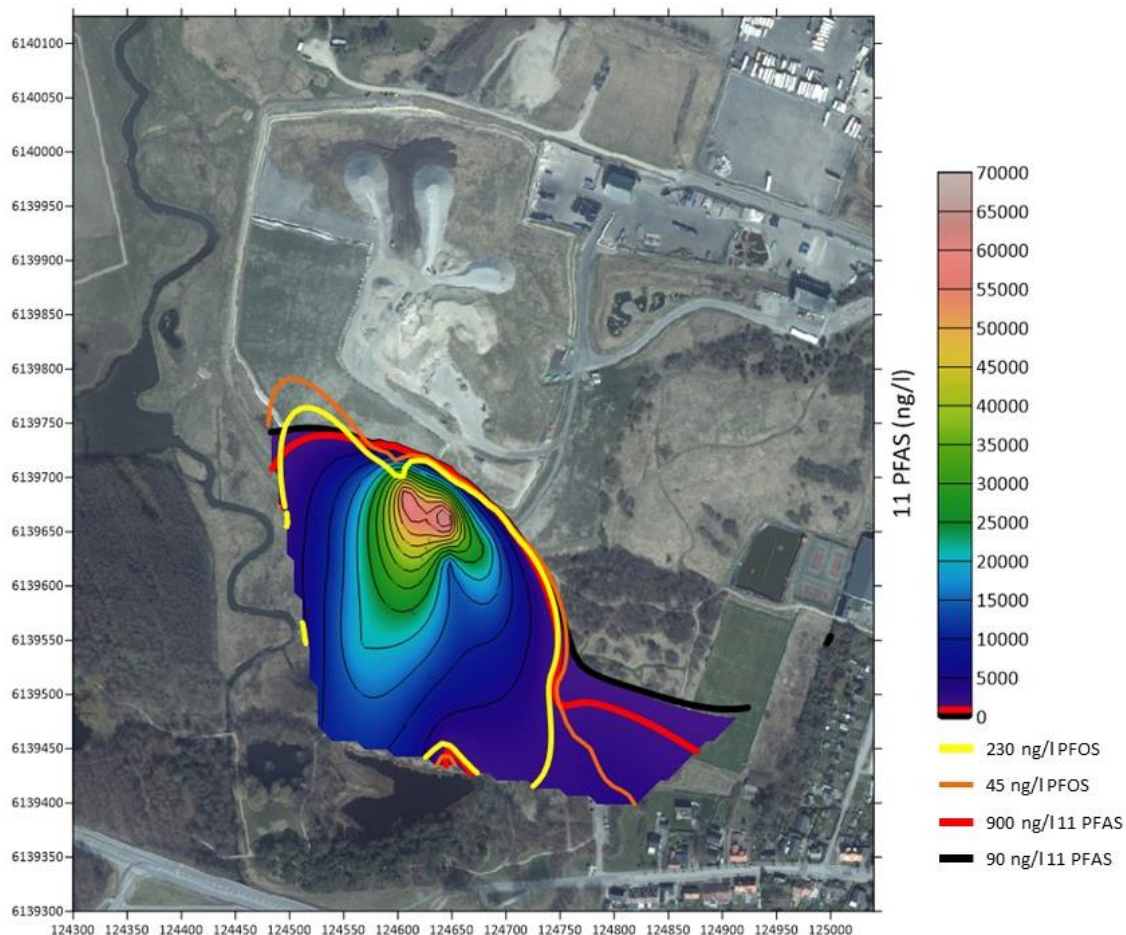
Fjorton av de 21 analyserade vattenproven överskrider det föreslagna riktvärdet för förorenat grundvatten m a p PFOS. Tio av de 21 analyserade vattenproven överskrider halten för skydd av ytvatten m a p PFOS. Arton av de analyserade vattenproven överskrider åtgärdsgränsen för dricksvatten och 14 av de analyserade proven överskrider maxgränsen för dricksvatten m a p PFAS summa 11 halt.

Resultaten från vattenprovtagningen presenteras i Figur 4. En interpolering av de påvisade halterna presenteras i Figur 5. Interpoleringen använder sig av de halter som presenteras i Tabell 2 förutom att punkten P2 inte används. Detta eftersom den inte representerar grundvatten i provtagningspunkten utan representerar en samlingsvolym av vatten i dräneringssystemet. Vidare har en fiktiv noll nivå av PFAS ämnen skapats norr om brandövningsplatsen i Sysavs deponi. Anledningen till denna fiktiva gräns härstammar från den troliga grundvattenriktningen som från brandövningsplatsen är riktad åt syd/ sydväst tillsammans med ett antagande om att källan till PFAS föroreningen är brandövningsplatsen.





Figur 4. Karta över området med provpunkter för vattenundersökningen markerade med namn i gröna rutor. Analysresultat för PFOS och 11 PFAS visas för alla provpunkter. Koordinater i SWEREF99 13 30.



Figur 5. Karta som visar interpolerade halter av 11 PFAS från de halter som uppmätts i undersökningen. Haltgränser för de använda jämförvärdena visas också i kartan. Koordinater är SWEREF99 13 30.

## 7 SAMLAD BEDÖMNING UTIFRÅN RESULTAT

De påträffade halterna av PFAS överskrider i flertalet provpunkter de jämförvärden som beskrivs i kapitel 5. De högsta PFOS halterna i vatten, som återfinns inne på BÖP, överskrider jämförvärdet för förorenad mark med en faktor 400. Söder om BÖP avtar halterna i grundvatten men halterna överskrider ändå jämförvärdet för förorenad mark fram till den yttre dräneringskransen samt till viss del utanför den samma. Det är troligt att dräneringskransens effekt är god även om PFAS halter återfinns på utsidan av kransen. Anledningen till förhöjda halter på utsidan om kransen härrör troligtvis från tiden före dräneringskransens installation då lakvatten kunde röra sig mot recipienten utan att tas upp i dräneringen.

På BÖP påträffades även 13 cm frifas av en okänd petroleumprodukt. Produkten fanns i två grundvattenrör och var fas skilt från vattnet med en lägre densitet än vattnet varför produkten låg på toppen av vätskepelaren. En karaktärisering av denna produkt känns motiverad för att bättre förstå vad det är för ämnen samt hur den kan påverka eventuella åtgärder.

Avgränsning av föroreningen bör ske för att bättre förstå hur föroreningen kan tänkas påverka omringliggande områden. Ingen betydande förorening verkar sprida sig i grundvattnet från Sysavs deponi.

## 8 RISKBEDÖMNING

### 8.1 RECIPIENT OCH SKYDDSSOMRÅDE

Den första recipienten är uppsamlingsdammen öster om brandövningsplatsen. Yt- och grundvatten samlas upp i en dränering och leds till dammen och därefter vidare till det kommunala reningsverket. Reningsverket släpper sedan ut det renade vattnet i Östersjön.

Det finns förorenat grundvatten utanför dräneringsledningen. Det är oklart hur detta vatten rinner men slutlig recipient är sannolikt havet i söder.

Det finns inga särskilt utpekade känsliga områden på, eller i anslutning till, det aktuella området. Det finns villor och koloniområden i sydost. Villorna har kommunalt vatten. Det är oklart om någon använder grundvattnet för bevattning men det kan inte helt uteslutas.

### 8.2 NUVARANDE OCH PLANERAD MARKANVÄNDNING

Det aktuella området ligger på en gammal avslutad deponi och används idag endast som brandövningsplats. Omgivningen kan möjligen användas som rekreationsytor. Det finns inga planer på någon annan markanvändning än den nuvarande.

### 8.3 ÖVERGRIPANDE ÅTGÄRDSMÅL

Övergripande åtgärds mål ska ange vilken användning eller funktion ett område är tänkt att ha efter en efterbehandlingsåtgärd eller vilken påverkan som är acceptabel för omgivningen.

Som övergripande åtgärds mål för det aktuella området föreslås följande:

- Föreningarna ska inte innebära några hälsorisker för människor som kan komma i kontakt med den förorenade jorden eller med det förorenade grundvattnet.
- Föreningar från området ska inte spridas till det kommunala reningsverket.
- Markmiljön ska kunna upprätthålla de funktioner som krävs för den pågående markanvändningen. I det här fallet ligger det aktuella området på en gammal deponi och det är mycket lite växtlighet på ytan.

### 8.4 PROBLEMBESKRIVNING

#### 8.4.1 Föreningarnas egenskaper

I brandsläckningsskum förekommer perfluorerade ämnen (PFAS), framför allt en blandning av perfluorerade alkylsyror (PFAA).

PFOS är en av PFAA:erna och innehåller, liksom övriga ämnen i gruppen, fluoratomer bundna till kol vilket gör föreningarna mycket stabila. PFOS visar t. ex. inga tecken på nedbrytning vid de förhållanden där de flesta organiska molekyler börjar hydrolyseras (Hatfield and 3M, 2001). PFOS bryts inte heller ner vid försök med direkt fotolys eller biologisk nedbrytning i varken aerob eller anaerob miljö. Ämnet anses därför vara i princip inert mot intensiv solstrålning och miljöer med extrema pH-värden. Inte ens de specifika mikroorganismer som återfinns i reningsverk med biologisk rening (som ju under miljontals generationer selekterats fram som optimala för att bryta ner organiska ämnen) klarar av att spjälka PFOS (Kurume Laboratory, 2002).

Perfluorerade ämnen, så som PFOS, har visat sig vara bioackumulerande i framförallt fisk och i däggdjur (Hundley et al., 2006). Det problematiska med ämnen som är starkt bioackumulerande är att halterna över tid riskerar att byggas upp till nivåer som till slut kan vara toxiska. Däggdjursstudier visar även att ämnet tycks bioelimineras med mycket varierande kinetik beroende på art och kön. Människan förefaller ha extremt svårt att eliminera PFOS (Seed J, i Focusartikel av Betts K. S, 2007).



#### 8.4.2 Skyddsobjekt

Skyddsobjekt är människor som tillfälligt besöker platsen, det kommunala reningsverket samt ytvattnet i recipienten i detta fall Albäcken och Östersjön. Grundvattnet bedöms inte vara skyddsvärt annat än som spridningsmedium till omgivningen (ytvattnet). En eventuell användning för bevattning kan dock ändra denna bedömning. Markens ekosystem bedöms inte vara skyddsvärt i det här fallet eftersom området ligger på en gammal deponi.

#### 8.4.3 Spridningsvägar

PFAS sprids i första hand via grundvatten. Lösta föroreningar i den mättade zonen kan fastläggas igen till såväl organiskt kol som till oxidtyor i marken. Transporten går därför normalt långsammare än grundvattnets flödes hastighet. I det här fallet samlas huvuddelen av grundvattnet upp och leds till en damm. Därefter pumpas vattnet till det kommunala reningsverket innan det släpps ut i recipienten som är Östersjön. Spridningen till ytvattnet, liksom utspädningen, är därför väldigt svår att beräkna vilket gör bedömningen av risker osäker. I reningsverket avskiljs en del av PFAS från vattnet. Hur mycket som avskiljs beror troligtvis till stor del på den organiska halten samt uppehållstiden i reningsverket varvid en del av ämnena hamnar i avloppsslammet.

PFAS kan till viss del förångas och spridas i gasfas. Flyktigheten är relativt låg för PFOS men varierar mellan olika PFAS-föreningar.

I vissa fall kan PFAS-föreningar spridas med damm. Spridning via damm kan till exempel bli aktuellt i samband med schaktning i förorenad jord.

#### 8.4.4 Exponeringsvägar

De exponeringsvägar som är aktuella för tillfälliga besökande i området är:

- Intag av förorenad jord
- Hudkontakt med förorenad jord
- Inandning av förorenat damm

Inandning av ånga tas inte med i det här fallet. Det finns visserligen byggnader på området men dessa bedöms inte användas i så stor utsträckning att det skulle kunna innebära någon risk för inandning av ångor från PFAS-ämnena (PFAS-ämnena har mycket låg flyktighet). Förångning utomhus innebär inga hälsorisker på grund av stor utspädning. Intag av dricksvatten är inte aktuellt och bedöms inte kunna bli aktuellt i framtiden heller. Intag av växter skulle kunna vara aktuellt i fråga om vilda bär och växter. Omfattningen av denna exponering bedöms dock vara så liten att den anses försumbar.

#### 8.4.5 Exponering via konsumtion av fisk

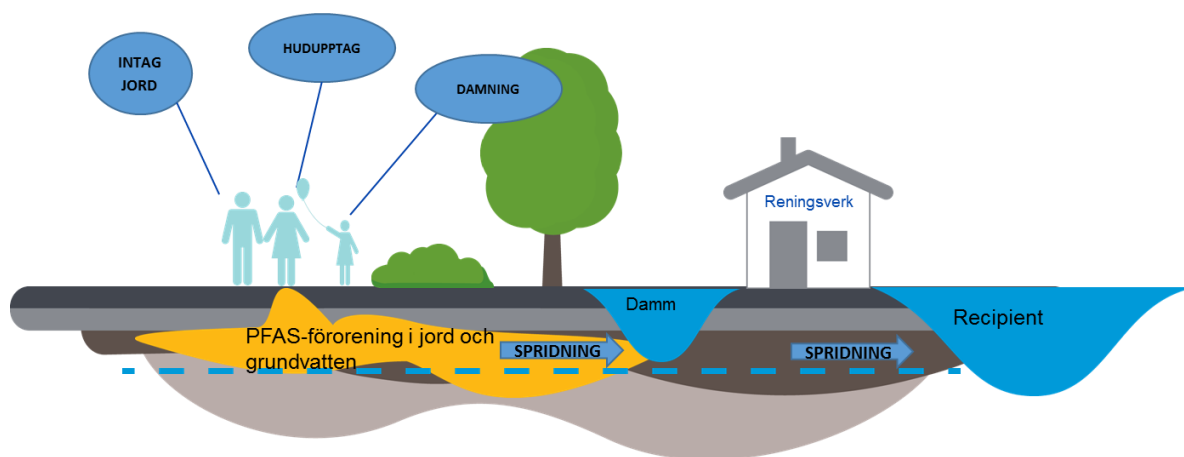
Kopplingen mellan föroreningar och halter i fisk i nedströms liggande ytvatten omfattar ett flertal processer och ingångsvärden med stora osäkerheter. Sambandet mellan halter i jorden och halter i fisk blir därför ofta svag. SGI har i sin publikation 21 valt att inte beakta exponeringsvägen intag av fisk vid beräkning av riktvärden för PFOS i mark på grund av de stora osäkerheterna. WSP har gjort samma bedömning i föreliggande rapport.

#### 8.4.6 Samlad konceptuell modell

En samlad konceptuell modell visas i **Error! Reference source not found.** och även i tabellform i

Tabell 33





Figur 6. Konceptuell modell illustrerad för spridnings- och exponeringsvägar för PFAS gällande Albäcksdeponin. Eventuell spridning via ytvatten till Albäcken har inte tagits med i modellen.

Tabell 3. Konceptuell modell i tabellform

Källa	Spridnings-vägar	Exponeringsvägar	Skyddsobjekt		
			Människor	Miljö	Natur-resurser
PFAS-ämnen i jord och grundvatten	Genom lakning till grundvatten och vidare till recipient	Intag jord	Besökande, vuxna och barn	Ytvatten-ekosystem	Ytvatten
	Damning	Inandning damm Hudkontakt			

## 8.5 EXPONERINGSANALYS

### 8.5.1 Utbredning

Den huvudsakliga utbredningen av PFAS-förorenad jord finns inom brandövningsplatsen. Halterna i yttlig jord är betydligt högre än halter på större djup. Förhöjda PFAS-halter har emellertid påträffats så djupt som 9 meter under markytan. Utbredningen av PFOS-halter i jord visas i figur 2 och figur 3.

### 8.5.2 Föroreningar i jord – representativa halter

Som representativa halter ur risksynpunkt bör den halt som bäst representerar halter av föroreningar i spridningsmedier och kontaktmedier som skyddsobjekt exponeras för (NV 5977). Det vanliga är att medelvärdeets ensidiga övre konfidensintervall vid 95-percentilen (UCLM95) används som representativ halt.

I det här fallet har representativa halter beräknats endast för halter i jord på djupet 0-0,5 meter under markytan. Djupare prov har tagits men antalet är för litet för att beräkna UCLM95 på dessa. Representativa halter av PFOS och PFAS summa 11 presenteras i Tabell 44.

Tabell 4. Representativa halter (µg/kg TS) av PFOS och PFAS summa 11 på djupet 0-0,5 samt >0,5 meter under markytan.

	PFOS 0-0,5 m u my	PFOS >0,5 m u my	PFAS Σ11 0-0,5 m u my	PFAS Σ11 >0,5 m u my
Antal	12	5	12	5
Medel	357	19	397	37
UCLM <sub>95</sub>	548	-	601	-
Max	1300	34	1400	52

### 8.5.3 Föroreningar i grundvatten – representativa halter

Representativa halter i grundvatten utgörs av medelhalter.

### 8.5.4 Mängder i jord

Baserat på analysresultaten och utbredning i plan och djup beräknas ca 40 000 m<sup>3</sup> jord innehålla föroreningshalter över preliminära riktvärden för känslig markanvändning, KM. Beräkningen antar att hela BÖP har halter över KM, från ytan ned till grundvattnet, eftersom ingen avgränsning av PFOS halter till KM är nådd i de analyserade provplatserna.

## 8.6 EFFEKTANALYS

I detta kapitel redovisas beräknade platsspecifika riktvärden för jord och grundvatten.

### 8.6.1 Platsspecifika riktvärden för jord

Platsspecifikt riktvärde för jord har beräknats med Naturvårdsverkets beräkningsmodell för riktvärden, rapport 5976. Området yta har emellertid justerats efter PFOS-utbredningen. Riktvärdena utgår från det generella scenariot för mindre känslig markanvändning, MKM. Riktvärdena har tagits fram för ett långt tidsperspektiv och speglar därför sannolikt inte nuvarande markanvändning och exponeringssituationer. Spridningen från jord till ytvatten går via ett reningsverk vilket gör beräkningen väldigt osäker. Den verkliga utspädningen i recipienten är sannolikt mycket stor men för att inte underskatta riskerna har ett generellt värde på 4000 ggr använts. Följande ingångsvärden har använts för beräkningen.

Exponeringsparametrar	Barn	Vuxna	Motivering
Intag av förorenad jord	200 dagar	200 dagar	I ett längre tidsperspektiv bör området kunna användas för rekreation etc.
Hudkontakt med förorenad jord/damm	90 dagar	90 dagar	I ett längre tidsperspektiv bör området kunna användas för rekreation etc.
Inandning av damm	200 dagar	200 dagar	I ett längre tidsperspektiv bör området kunna användas för rekreation etc.
Andel inomhusvistelse	50 %	50 %	Osäkert värde men 50 % inomhusvistelse får bedömas som ett mycket konservativt värde.
Djup till förorening	0,35 m		Generellt värde
Skydd av markmiljö	Inget		Deponi
Områdets längd i grundvattnets strömningsriktning	100 meter		Uppmätt
Områdets bredd vinkelrätt mot grundvattenriktningen	100 meter		Uppmätt
Grundvattenbildning	100 mm per år		Generellt värde
Hydraulisk gradient	0,03 m/m		Generellt värde
Recipientens volym	4 000 000 m <sup>3</sup>		Volymen har anpassats så att den totala utspädningen mellan halter i jord och halter i recipienten blir 4000 ggr.
Recipientens omsättningstid	1 år		Generellt värde

Ämnesspecifika egenskaper för PFOS har hämtats från SGI:s publikation 21. Platsspecifika riktvärden redovisas i Tabell 5 samt i uttagsrapport från Naturvårdsverkets beräkningsmodell i bilaga 6.

Tabell 5. Platsspecifika riktvärden för jord, mg/kg TS.

Ämne	Hälsorisker			Miljörisker		
	Intag av jord	Hudkontakt	Inandning damm	Skydd av markmiljö	Skydd av grundvatten	Skydd av ytvatten
PFOS	3,4	9,1	3300	-	-	0,027

Av Tabell 55 framgår att risken för att PFOS ska orsaka skador i ytvattnet är styrande för det sammanvägda riktvärdet för jord. Detta riktvärde är mycket osäkert i det här fallet eftersom det PFAS-förorenade vattnet passerar en damm och ett reningsverk innan det släpps till recipienten. Generellt bör dock PFAS-förorenat vatten inte ledas in i ett vanligt reningsverk. För att rena PFAS-förorenat vatten krävs filter med aktivt kol, eller annan dedikerad metod, vilket sällan finns i kommunala reningsverk. Effekten av att få in PFAS-förorenat vatten i reningsverket skulle även kunna leda till sämre effektivitet i den biologiska reningen. Sammanvägt hälsoriskbaserat riktvärde är **2,5 mg/kg TS** och styrs främst av risk för oralt intag av förorenad jord.

### 8.6.2 Riktvärden för grundvatten

För grundvatten har det preliminära generella riktvärdet för skydd av ytvatten använts. Anledningen till att inget platsspecifikt riktvärde har beräknats är att det är mycket stora osäkerheter avseende spridning och utspädning till recipienten. Inget skydd av grundvatten eller beräknat intag av grundvatten som dricksvatten har tagits med och riktvärdet blir därför **0,23 µg/l**.

## 8.7 RISKKARAKTERISERING

### 8.7.1 Jord

I detta kapitel utvärderas representativa halter mot riktvärden för det aktuella området. Riktvärden för jord jämförs med representativa halter. Hälsoriskbaserade riktvärden jämförs i första hand med representativa halter för yttlig jord.

Tabell 6. Representativa halter samt platsspecifika riktvärden för jord, mg/kg TS.

	UCLM95 0-0,5 m u my	PRV-hälsa	PRV-miljö
PFOS	<b>0,55</b>	2,5	0,027
Σ11 0-0,5	<b>0,6</b>	2,5	0,027

Av tabell 6 framgår att representativa halter i jord (0-0,5 m u my) överskrider platsspecifika riktvärden för miljörisker (skydd av ytvatten), oavsett om jämförelsen görs med PFOS eller med summa PFAS 11. Halterna är dock lägre än platsspecifika riktvärden för hälsorisker.

### 8.7.2 Grundvatten

Riktvärdet för grundvatten jämförs med medelhalten av grundvattenanalyser som tagits inom det PFAS-förorenade området. Jämförelser görs både med PFOS-halter och halter av summa PFAS 11. Medelhalter och riktvärdet redovisas i Tabell 7.

Tabell 7. Platsspecifikt riktvärde för grundvatten, µg/l

	Medelhalt	Riktvärde för GV
PFOS	<b>1,9</b>	0,23
PFAS Σ11	<b>14,5</b>	0,23

Av tabell 7 framgår att medelhalterna är betydligt högre än riktvärdet för grundvatten vilket innebär att det inte går att utesluta risker för miljön i recipienten.

## 8.8 OSÄKERHETER

Det finns, som alltid, stora osäkerheter när en riskbedömning för föroreningar görs. En modell kan t.ex. inte efterlikna verkligheten exakt utan förenklingar måste göras. I det här fallet är det största osäkerheten hur PFAS-halterna påverkar ytvattnet och reningsverket. Oavsett påverkan på reningsverket bör PFAS-förorenat vatten i så hög grad som möjligt undvikas att spridas.

## 8.9 RIKSBEDÖMNINGENS SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Riskbedömningens slutsats är att det inte finns några oacceptabla hälsorisker från PFAS-föroreningarna i jorden. Det går dock inte att utesluta risker för miljön i närliggande recipient. Bedömningen är därför att det finns ett åtgärdsbehov för att minska spridningen av PFAS från området.

# 9 ÅTGÄRDSFÖRSLAG FÖR ATT MINIMERA SPRIDNING AV PFAS- ÄMNEN

## 9.1 INLEDANDE ANALYS AV ÅTGÄRDSMETODER

Det finns generellt en brist på etablerade metoder för att efterbehandla jord och grundvatten med avseende på PFAS-ämnen. Orsaken till detta är i huvudsak att ämnenas farlighet har uppmärksammats först under de senaste åren samt att ämnenas karaktär gör dem svårnedbrytbara. Branschen är i full gång att etablera nya metoder, bland annat metoder för att in situ behandla och bryta ner ämnena men dessa metoder är fortfarande under utveckling och har ej kunnat testas fullt ut i praktiken. De åtgärdsmetoder som bedöms som tänkbara som efterbehandlingsmetod för PFAS-förorenad jord och grundvatten i aktuellt projekt är:

- ✓ Schaktning av PFAS-förorenade massor inom brandövningsplatsen (BÖP) och transport till intern eller extern mottagningsanläggning
- ✓ Inneslutning/ barriärteknik- i syfte att minimera grundvattenbildning och därmed urtvättning av PFAS-ämnen till grundvattnet och/ eller förhindra spridning av PFAS-ämnen till omgivningen.
- ✓ Grundvattenpumpning och behandling av uppumpat grundvatten i syfte att förhindra att PFAS-ämnen via grundvattnet sprids till omgivningen. Omhändertaget grundvatten renas m a p PFAS innan bortledning till recipient.
- ✓ Solidifiering/ stabilisering av massor inom BÖP för att minimera utläckaget av PFAS-ämnen till omgivningen.
- ✓ Jordtvätt ex situ av massor från BÖP
- ✓ Injektering av Plumestop (flytande aktivt kol) vilken bildar en barriär som förhindrar att PFAS-förorenat grundvatten sprider sig från BÖP till omgivningen.

I nedan kapitel ges en översiktlig beskrivning av respektive metod. Fördjupning inom respektive metod kan studeras, t ex i [www.atgardsportalen.se](http://www.atgardsportalen.se).

### 9.1.1 Schaktning

#### Allmänt

Metoden innebär att PFAS-förorenad jord avlägsnas från området. Uppgrävda förorenade massor kan antingen behandlas på platsen (on site) eller transporteras till extern mottagningsanläggning för behandling och/eller deponering. Av dessa alternativet är transport till extern mottagningsanläggning det i särklass vanligaste metoden.

Schaktsanering kan utföras i alla jordartstyper. Urschaktade massor läggs om möjligt direkt på transportfordon för borttransport till mottagningsanläggning alternativt på upplag inom eller i anslutning till schaktområdet. Beroende på schaktdjup och jordart kan det vid schaktsanering bli aktuellt med en temporär stödkonstruktion, t ex spont. Schaktsanering innebär ofta behov av hantering av länshållningsvatten som kan bestå av inläckande grundvatten, nederbörd, processvatten m m. Beroende på föroreningshalten i länshållningsvattnet kan det bli aktuellt med rening av detta vatten innan borttransport till recipient.

#### Tillämpbarhet inom området

Inom BÖP återfinns i huvudsak två alternativ för schakt, dels bortschaktning av s k hotspots där höga halter av PFAS-ämnen påträffats, dels schakt av all minerogen jord inom området (bedömd genomsnittlig mäktighet på 1,5 m). Bortgrävning av allt deponerat avfall över grundvattenytan bedöms inte som realistiskt p g a de stora mängderna. Detta skulle även föranleda behov av temporära stödåtgärder.

Utförd provtagning i jord med avseende på PFAS-ämnen visar allmänt på förhöjda till höga halter av PFAS-ämnen i ytlig jord. På grund av svårigheten att, i detalj, kunna kartlägga hotspots av PFAS-ämnen inom BÖP föreslås att samtlig ytlig fyllningsjord av minerogen jord schaktas ur.

Då samtlig schakt utförs ovan grundvattenytan erfordras ingen grundvattenhantering under schaktning. Samtlig schakt är ytlig och bedöms inte understiga 1,5 m under markytan. Detta gör att ingen temporär stödkonstruktion erfordras utan samtlig schakt kan ske med öppna slänter.

### 9.1.2 Inneslutning/ barriärteknik

#### Allmänt

Fysisk inneslutning med barriärteknik är en metod som innebär att en jordförorening helt eller delvis inkapslas med täta/lågpermeabla barriärmaterial, varvid utlakningen och spridningen av föroreningsämnen från jordföroreningen till omgivningen minskar eller helt upphör. Metoden används även för styrning av föroreningsplymer så dessa inte når känsliga områden eller för att eliminera kontakt med föroreningen.

Barriärerna kan indelas i två typer, vertikala och horisontella barriärer, där den vertikala barriären avskärmar den förorenade jordprofilen från omgivningen och den horisontella barriären utgör ett lock ovanpå jordföroreningen. För att uppnå en fullständig fysisk inneslutning kombineras vertikala och horisontella barriärer. Horisontella och vertikala barriärer utgörs av lågpermeabla material med hög mekanisk och kemisk beständighet. I det fall man enbart använder sig av en vertikal barriär kan behov uppstå av ett dräneringssystem med åtföljande rening av omhändertaget grundvatten. Syftet med dräneringssystemet är att förhindra dämning av grundvatten uppströms den vertikala barriären. Åtgärdsmetoden med inneslutning/ barriärteknik innebär i sig ingen efterbehandling av själva föroreningen. Däremot skall den konstrueras så den har en beständighet i ett långt tidsperspektiv.

#### Tillämpbarhet inom området

Inneslutning/ barriärteknik är en delvis lämplig metod för att minska spridning av PFAS-ämnen till omgivningen. I det fall en horisontell barriär i form av en kvalificerad övertäckning av BÖP utförs kommer grundvattenbildningen och därmed urtvättningen av PFAS-ämnen till grundvattnet att väsentligt minska. Ett anläggande av vertikal barriär bedöms inte som ekonomiskt försvarbart då den måste anläggas ner till ett impermeabelt/ semi-impermeabelt jordlager vilken bedöms finnas

först på stort djup. I det fall en horisontell barriär används som åtgärdsmetod behöver den kombineras med andra åtgärdsmetoder för att uppnå erforderlig efterbehandlingsnivå.

En övertäckning föreslås utföras med ett syntetiskt geomembran med tillhörande dräneringslager över större delen av BÖP. Eventuellt finns det även behov av ett gasdräneringslager.

### **9.1.3 Grundvattenpumpning och behandling**

#### *Allmänt*

Metoden innebär att förorenat grundvatten pumpas upp och behandlas på plats innan bortledning till recipient. Metoden kan även användas i syfte att förhindra föroreningsspridning från ett förorenat område. I detta fall benämns metoden som skyddspumpning eller hydraulisk inneslutning.

Metoden passar bäst i jordar med måttlig till hög genomsläpplighet och mindre bra i täta jordar, t.ex. leror. Vanligt förekommande reningstekniker för uppumpat grundvatten är olika filtreringsmetoder, gravimetriska avskiljare, m.m. Att enbart använda sig av grundvattenpumpning som åtgärdsmetod tar i regel lång tid, vanligen åtskilliga år eller decennier. Lämpligen kombineras denna åtgärdsmetod med andra åtgärdsmetoder för att få ett snabbare resultat.

#### *Tillämpbarhet inom området*

Metoden lämpar sig troligen bra i området för efterbehandling av PFAS-ämnen i den mättade zonen, då den hydrauliska konduktiviteten i befintliga massor (fyllningsjord och deponerat material) förväntas vara relativt hög vilket ger en god kontakt med grundvattenmagasinet.

Metoden bedöms som lämplig som efterbehandlingsmetod för området, främst i syfte att förhindra spridning av PFAS-ämnen via grundvattnet till omgivningen (skyddspumpning) men även att på plats efterbehandla grundvattnet med PFAS-ämnen. Tidsåtgången för slutförandet av efterbehandlingen med grundvattenpumpning bedöms uppgå till minst 20-30 år om man enbart använder sig av denna åtgärdsmetod varför metoden med fördel kombineras med andra åtgärdsmetoder.

På grund av ett relativt stort djup till grundvattenytan, upp till 5,5 m i BÖP, kan temporära stödkonstruktioner bli aktuella i det fall grundvattenpumpning sker med dräneringsledning och pumpbrunn.

Grundvattenpumpning med tillhörande rening utförs lämpligen genom anläggandet av en dräneringsledning kopplad till en pumpbrunn. Reningen av uppumpat grundvatten utförs med aktivt kol, eventuellt i kombination med SAFF (surface active foam fractionation) som är en metod som kan användas för att rena vatten genom att bubbla fina luftbubblor igenom vattnet där PFAS-ämnena gärna följer med bubblorna för att sedan extraheras bort med hjälp av en vakuumpump. Man skapar då ett koncentrat av PFAS-ämnen som sedan kan tas om hand och destrueras. Metoden kräver även en viss rening med kolfilter men orsakar mindre mängder avfall än anläggning som enbart använder kol.

Beroende på hur mycket petroleum som finns i vattnet kan någon form av förbehandling genom exempelvis oljeavskiljare vara nödvändig för att kolfiltren inte ska fyllas av petroleum utan vara inriktat på att fånga upp PFAS.

### **9.1.4 Stabilisering**

#### *Allmänt*

Solidifiering/stabilisering syftar till att minska föroreningarnas rörlighet, antingen genom inkapsling/inneslutning (solidifiering) eller genom kemisk bindning (stabilisering). Solidifiering innebär att föroreningen inkapslas i material med låg permeabilitet, t.ex. betong, bentonit eller andra barriärmaterial. Vid solidifiering påverkas i regel inte föroreningens kemiska form eller sammansättning. Inkapslingen av föroreningen motverkar spridningen av föroreningar från det förorenade materialet. Vid stabilisering tillsätts additiv som reagerar kemiskt med föroreningen så

att dess laknings- och spridningsbenägenhet reduceras, utan att det förorenade materialet kapslas in. Stabilisering och solidifiering kan tillämpas både in situ och på uppgrävda massor.

#### *Tillämpbarhet inom området*

En solidifiering av massorna skulle kunna göras i den omättade zonen där förhöjda/ höga halter av PFAS- ämnen påträffas, d v s mellan markyta och grundvattennivån. En solidifiering av denna profil med t ex cement, etc skulle dock troligen leda till sättningsproblematik inom BPÖ p g a jordvolymens nya tyngd ovanpå deponerat avfall. För att undvika problem med sättningar skulle man därför vara tvungen att solidifera hela jordprofilen ner till naturligt lagrad jord vilket skulle leda till stora kostnader särskilt som man därmed skulle sätta in en åtgärd som massor som ej är förorenade med förhöjda/ höga PFAS- halter.

Gällande stabilisering av PFAS- förorenade massor finns det idag inga fullskaliga tillämpningar av detta varför stabilisering utgår som åtgärdsmetod.

Av ovannämnda skäl bedöms inte solidifiering/ stabilisering som lämplig efterbehandlingsmetoder inom området.

### **9.1.5 Jordtvätt ex situ**

#### *Allmänt*

Jordtvättning ex situ innebär att föroreningar i uppgrävda massor avskiljs med hjälp av ett antal olika processteg. Behandlingen utförs i en stationär eller mobil processanläggning. Med hjälp av olika processteg separeras föroreningarna från det övriga materialet, vilket i fallet med PFAS- ämnen i huvudsak innebär att PFAS hamnar i tvättvätskan. Metoden ger en mindre volym förorenat material att hantera då föroreningar tenderar att binda, kemiskt eller fysikaliskt, till silt- och lerpartiklar. Jordtvättning separerar den förorenade silten och leran från det grövre materialet (sand och grus). Därefter kan ytterligare behandling ske av den förorenade finfraktionen.

Jordtvättning lämpar sig bäst för relativt homogena jordar där innehållet av lera och silt är lågt. Jorden bör heller inte ha ett alltför högt innehåll av organisk substans.

#### *Tillämpbarhet inom området*

Metoden lämpar sig enbart för efterbehandling av PFAS- ämnen i fyllningsmaterialet vars mäktighet uppgår till ca 1,5 m. Resterande PFAS- ämnen återfinns i underlagande deponerat material som inte bedöms som lämpligt att behandla i en jordtvätt. Metoden bedöms därför inte som lämplig som efterbehandlingsmetod inom området.

### **9.1.6 Injektering av Plumestop**

#### *Allmänt*

Plumstop® är en produkt som tagits fram av företaget Regenesys och som består av flytande aktivt kol. Produkten tillsätts jordprofilen genom injektering, antingen genom direktinjektering i jord alternativt i djupa grundvattenrör. Injekteringen utförs i en linje som injekteras genom borrhål längs en linje i grundvattnets flödesriktning. Plumestop® bildar på så sätt en barriär mellan PFAS-källan och recipienten. Produkten har använts med framgång på flera PFAS-förorenade områden, dock mestadels i USA. Det finns även andra liknande preparat som t.ex. matCARE men Plumestop är den produkt som i dagsläget bedömts mest intressant.

#### *Tillämpbarhet inom området*

Metoden bedöms som mindre lämplig som åtgärdsmetod i området främst då metoden ännu är relativt oprövad. Metoden skulle även innebära injektering i deponerat material som underlagrar BÖP vilket reser frågetecken med tanke på troligt högt organiskt innehåll och en mycket heterogen uppbyggnad med kanalbildningar i deponerat material som skulle kunna motverka den eftersträlvande barriäreffekten.



## 9.2 ÅTGÄRDSALTERNATIV

I rubricerat kapitel har tre stycken huvudalternativ för efterbehandling studerats. På grund av områdets föroreningsituation (vilka ämnen och halter som påträffats), förekomsten av deponerat avfall samt geologiska och hydrogeologiska förhållanden har ett antal åtgärdsmetoder beskrivna i kapitel 9.1 valts bort. Något nollalternativ, d v s att ingenting görs, har ej beaktats.

Åtgärdsalternativen beskrivs utifrån genomförande, tidsåtgång, måluppfyllelse, risker och omgivningspåverkan vid åtgärden samt långsiktighet. Kostnad för respektive åtgärdsalternativ redovisas separat i kapitel 10. Tidsåtgång för de olika alternativen har uppskattats utifrån erfarenheter av liknande projekt.

Inga av de föreslagna åtgärdsalternativen tar upp efterbehandling av föroreningsplymen belägen utanför deponianläggningens lakvattendränning. Innan beslut om eventuell efterbehandling av föroreningsplymen bör kompletterande undersökningar utföras över dess utbredning och haltvariationer inom plymen samt skyddsvärda objekt i omgivningen. Förekomsten av grundvatten med halter över framräknade riktvärden utanför lakvattendränningen är begränsad.

Följande åtgärdsalternativ har studerats:

1. Grundvattenpumpning inom BÖP och behandling av uppumpat grundvatten
2. Övertäckning av BÖP i kombination med grundvattenpumpning inom BÖP och behandling av uppumpat grundvatten
3. Bortschaktning av PFAS- ämnen i jord med extern deponering i kombination med grundvattenpumpning inom BÖP och rening av uppumpat grundvatten

### 9.2.1 **Alternativ 1- Grundvattenpumpning inom BÖP och behandling av uppumpat grundvatten**

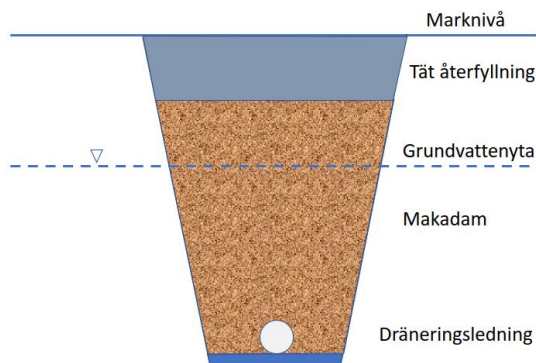
#### *Genomförande*

Grundvattenpumpningen föreslås utföras med en avskärande dräneringsledning med utsträckning enligt figur 7. För att undvika alltför stora schakter med tillhörande spontning förläggs ledningen delvis nedan deponislänt i BÖP:s västra del. Total ledningssträcka för dräneringen är ca 300 m. Ledningen förläggs på en nivå som ligger under grundvattnets bedömda årsvariation i området. Denna variation beskrivs i detalj i *PM- Albäcks äldre avfallsupplag; Beräkning av erforderlig lakvattenuppsamling (WSP, 2019-11-15)*. Nivån för dräneringen läggs förslagsvis på cirka 1,6 meter vilket innebär att den ligger ungefär 20 centimeter under de påvisade låggrundvattennivåerna.



Figur 7. Redovisning av preliminär sträckning på dräneringsledning (röd streckad linje) samt läge för pumpbrunn (blå cirkel) och reningsanläggning (blå rektangel).

En principsektion för utformningen av dräneringsledningen visas i figur 8.



Figur 8. Principsektion för utformning av dräneringsledning med kringfyllning av dräneringsgrus insvept i geotextil. Genomsnittligt läggningsdjup bedöms till ca 3 m.

En analytisk beräkning visar på ett framtida genomsnittligt flöde i dräneringsledningen som uppgår till max 3 l/s. Det är viktigt att poängtera att framräknat flöde enbart är ungefärligt och baseras på antagna hydrauliska parametrar. Innan en eventuell detaljprojektering måste kompletterande hydrogeologiska undersökningar utföras i syfte att ta fram jordens hydrauliska parametrar.

Vid anläggandet av dräneringsledningen kommer en temporär grundvattensänkning att krävas. Uppumpat länshållningsvatten under byggskedet är i behov av rening med avseende på PFAS. Innan länshållningsvattnet påförs recipient skall vattnet passera via ett kolfilter med tillhörande sedimenteringssteg. Alternativet är att uppumpat grundvatten infiltreras tillbaka till grundvattenmagasinet genom en infiltrationsanläggning inom BÖP.

### *Tider*

Tidsåtgången för genomförandet av åtgärdsalternativet uppskattas till mellan 3- 4 veckor.

### *Måluppfyllelse jämfört med riskbedömningen*

Åtgärdsmålen uppfylls i stort då bland annat föroreningar från området förhindras att spridas till det kommunala reningsverket. Dock kan man ej utesluta att halten PFAS i ytlig jord ställvis överskrider det platsspecifika riktvärdet för hälsorisker. Ytan inom området är ej hårdgjort.

### *Risker och omgivningspåverkan vid genomförandet*

För alternativet bedöms omgivningspåverkan och riskerna vid genomförandet som relativt låga. Lösningen med skyddspumpning är beroende av att pumpstationen till dräneringsledningen ständigt är i drift och inte utsätts för strömavbrott. Vid driftavbrott riskerar det, åtminstone kortvarigt, ske en spridning av PFAS- ämnen till omgivningen från BÖP. Dock förväntas driftsavbrotten understiga 1 dygn.

### *Långsiktighet*

Alternativet innebär att driften av grundvattenpumpningen med tillhörande rening bedöms behöva pågå under en lång tid (> 20 år) innan efterbehandlingen av PFAS- ämnen inom BÖP kan betraktas som färdigställd. Detta leder till relativt höga drifts- och underhållskostnader.

Särskilda restriktioner beträffande markanvändning och schaktning inom BÖP måste upprättas under efterbehandlingstiden.

### *Mätbara åtgärds mål*

Mätbara åtgärds mål för alternativet är att man vid provtagning utanför dränering uppnår halter understigande framräknat platsspecifikt riktvärde.

### *Prövningsplikt inför åtgärd*

Alternativet är anmälningspliktigt enligt 28 § förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (nedgrävning av dränering)

Grundvattenpumpningen bedöms inte bli föremål för en tillståndsansökan om vattenverksamhet enligt 11§ i Miljöbalken p g a marginell omgivningspåverkan.

## **9.2.2    Alternativ 2- Övertäckning av BÖP i kombination med grundvattenpumpning inom BÖP och behandling av uppumpat grundvatten**

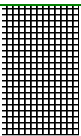



### *Genomförande*

Bedömd erforderlig yta för övertäckningen av BÖP framgår enligt figur 9. Yta aktuell för övertäckning uppgår till ca 6 800 m<sup>2</sup>.



Figur 9. Plan- yta för övertäckning (grönt raster).

Övertäckningen av BÖP utformas med syntetiskt geomembran för att säkerställa att grundvattenbildningen inom ytan minimeras. Övertäckningen utformas enligt nedan (uppfifrån och ned):

Skikt		Material	Måktighet	Kommentarer
Överbyggnad för köryta/ dränerande skikt		bärlager	0,5- 0,6 m	Överbyggnaden dimensioneras m h t förväntad trafik
Geotextil		Vävd, högdensitet	20 mm	
Tätlager		HDPE	1,5 mm	
Avjämningslager		sand	100 mm	

Numeriska beräkningar visar på ett läckage genom tätlagret som uppgår till  $< 2$  mm/ år, förutsatt att överbyggnaden hålls dränerad. För dränering av överbyggnaden anläggs en dränering i övertäckningens periferi. Omhändertaget vatten i denna ledning kan ledas direkt till recipient utan rening.

Grundvattenpumpning anläggs i enlighet med kapitel 9.2.1.

Föreslaget åtgärdsalternativ kommer innebära en terrassering av området på minst 0,6- 0,9 m, beroende på vald tjocklek och lutning på överbyggnaden.

#### Tider

Tidsåtgången för genomförandet av åtgärdsalternativet uppskattas till mellan 5- 6 veckor.

#### Målpuppfyllelse jämfört med riskbedömningen

Samtliga åtgärds mål uppnås med alternativet.



### *Risker och omgivningspåverkan vid genomförandet*

För alternativet bedöms omgivningspåverkan och riskerna vid genomförandet som relativt låga.

Riskerna vid genomförandet är låga. Omgivningspåverkan vid genomförandet omfattar främst den transporter i samband med tillförsel av material.

Lösningen med skyddspumpning är beroende av att pumpstationen till dräneringsledningen ständigt är i drift och inte utsätts för strömavbrott. Vid driftavbrott riskerar det, åtminstone kortvarigt, ske en spridning av PFAS- ämnen till omgivningen från BÖP. Dock förväntas driftsavbrotten understiga 1 dygn.

### *Långsiktighet*

Alternativet innebär att all PFAS- förorenad jord lämnas kvar på platsen vilket kan föranleda till ytterligare efterbehandlingsåtgärder i framtiden. Föroreningsspridningen från BÖP till omgivningen förhindras dels av minimal urlakning av PFAS- ämnen i den omättade zonen p g a övertäckningen, dels med hjälp av grundvattenpumpningen med tillhörande rening. Övertäckningen av BÖP gör att man inte har någon åtkomst till PFAS- förorenad jord.

Driften av grundvattenpumpningen med tillhörande rening kan behöva pågå under lika lång tid som under Alternativ 1 (> 20 år). Åtgärderna med övertäckning kommer leda till en kraftigt minskad urlakning av PFAS- ämnen d v s halterna i ingående vatten till reningsanläggning blir lägre samtidigt som den kommer att leda till en flackare grundvattengradient som gör att hastigheten på grundvattenströmningen genom området, och till dräneringen, reduceras.

Särskilda restriktioner beträffande schaktning inom BÖP måste upprättas under efterbehandlingstiden.

### *Mätbara åtgärds mål*

Mätbara åtgärds mål för alternativet är att man vid provtagning utanför dränering uppnår halter understigande framräknat platsspecifikt riktvärde.

### *Prövningsplikt inför åtgärd*

Alternativet är anmälningspliktigt enligt 28 § förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (nedgrävning av dränering samt justering av underlag)

Grundvattenpumpningen bedöms inte bli föremål för en tillståndsansökan om vattenverksamhet enligt 11§ i Miljöbalken p g a marginell omgivningspåverkan.

## **9.2.3    *Alternativ 3- Bortschaktning av ytlig jord innehållande PFAS- ämnen i kombination med grundvattenpumpning inom BÖP och rening av uppumpat grundvatten***

### *Genomförande*

Alternativet innebär bortschaktning av ytlig fyllning med minerogen jord, vilken har en uppskattad genomsnittlig mäktighet av 1,5 m. Detta innebär en schakt av totalt ca 10 200 m<sup>3</sup> (ca 17 500 ton). Yta för schakt framgår av figur 10.



Figur 10. Plan- yta för schaktning (rött raster).

I mån av utrymme utförs schakten inom öppna slänter.

Alternativet innebär inte schakt under grundvattenytan varför ingen hantering av inläckande grundvatten från jordakvifären till schakt förväntas. Länshållningsvattnet från schakterna, d v s nederbördsvattnet, skall renas innan bortledning till recipient. Rening av länshållningsvattnet görs med hjälp av kolfilter.

Innan återfyllningen påbörjas läggs ett markerande miljönät som förhindrar oavsiktlig genomgrävning ner i deponerat material.

Efter återfyllning av området skall alla ytor utanför planerad godsvagnsverkstad hårdgöras med asfalt. Under asfalten ska ett

Grundvattenpumpning anläggs i enlighet med kapitel 9.2.1.

#### *Tider*

Tidsåtgången för genomförandet av åtgärdsalternativet uppskattas till mellan 1-2 månader. Tidsspannet återspeglar osäkerheter i schaktkapacitet och transportlogistik.

#### *Måloppfyllelse jämfört med riskbedömningen*

Samtliga åtgärds mål uppnås med alternativet.

#### *Risker och omgivningspåverkan vid genomförandet*

För alternativet bedöms omgivningspåverkan och riskerna vid genomförandet som relativt låga.

Vid schaktningen kan länsvattenhanteringen, främst med avseende på pump- och reningskapacitet innebära en mindre risk. Omgivningspåverkan vid genomförandet omfattar främst den stora mängden transporter i samband med bortförandet av uppschaktad jord.

Lösningen med skyddspumpning är beroende av att pumpstationen till dräneringsledningen ständigt är i drift och inte utsätts för strömavbrott. Vid driftavbrott riskerar det, åtminstone kortvarigt, ske en spridning av PFAS- ämnen till omgivningen från BÖP. Dock förväntas driftsavbrotten understiga 1 dygn.

### Långsiktighet

Alternativet innebär att PFAS- förorenad jord lämnas kvar i deponerat material vilket kan föranleda till ytterligare efterbehandlingsåtgärder i framtiden. Föroreningsspridningen från BÖP till omgivningen förhindras dock med hjälp av grundvattenpumpningen med tillhörande rening.

Driften av grundvattenpumpningen med tillhörande rening bedöms behöva pågå under en lång tid (> 10 år) innan efterbehandlingen av PFAS- ämnen inom BÖP kan betraktas som färdigställd. Efterbehandlingstiden bedöms dock som något kortare än för alternativ 1 och alternativ 2 där föroreningen lämnas kvar. Grundvattenpumpningen med tillhörande rening av vatten innebär en relativt hög drifts- och underhållskostnad.

Särskilda restriktioner beträffande markanvändning och schaktning inom BÖP måste upprättas under efterbehandlingstiden.

### Mätbara åtgärds mål

Mätbara åtgärds mål för alternativet är att man vid provtagning utanför dränering uppnår halter understigande framräknat platsspecifikt riktvärde.

### Prövningsplikt inför åtgärd

Alternativet är anmälningspliktigt enligt 28 § förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (nedgrävning av dränering)

Grundvattenpumpningen bedöms inte bli föremål för en tillståndsansökan om vattenverksamhet enligt 11§ i Miljöbalken p g a marginell omgivningspåverkan.

## 10 KOSTNADER

För beräkning av kostnaderna för respektive åtgärdsalternativ har a- priser och kostnader angivna i tabell 8 använts. De kostnader som anges i tabellen för alternativen är ungefärliga men realistiska. Vissa reservationer måste göras för mottagningskostnaderna av PFAS- förorenad jord då flera aktörer kommit in på marknaden under det senaste året vilket har lett till att kostnaderna har sjunkit. Denna utveckling förväntas fortsätta med eventuellt lägre kostnader i framtiden. Det tidigare, och dyra, enda omhändertagandealternativet med förbränning av massorna har nu kompletterats med ex situ stabilisering, ex situ jordtvätt, deponering, etc

Utförd kostnadsbedömning förutsätter inköp av externa jordmassor för att ersätta urschaktad jord. Mottagningskostnader för PFAS- förorenad jord har erhållits från Swerock. I kostnadskalkylen använts en kostnad på 1 200 kr/ ton inklusive transport.

Tabell 8. Platsspecifikt riktvärde för grundvatten, µg/l

Typ av kostnad	Pris	Enhet
Schakt inkl anläggare, kabelhinder och tidsfördröjning för miljökontroll	75	kr/ton
Pris ersättningsmassor inkl. arbetskostnad	300	kr/m <sup>3</sup>
Deponering av PFAS- massor inkl. transport	1 200	kr/ton
Reningsanläggning	600 000	kr
Drift och underhåll av reningsanläggning inkl. provtagning	20 000	kr/ månad
Anläggande av dräneringsledning	2 000	kr/m
Pumpbrunn inkl. pump och styrning	60 000	kr
Övertäckning	350	kr/m <sup>2</sup>
Arbetsplatsomkostnad	15% på E- kostnad	
Entreprenörsarvode	10% på totalkostnad	
Arbetsledning, etc	10% på E- kostnad	
Oförväntade kostnader	10% på totalkostnad	



Framräknade anläggningskostnader för respektive åtgärdsalternativ är sammanställda i tabell 9. Alternativet med övertäckning respektive schaktning innebär rivning av befintliga anläggningar inom BÖP. Rivningen är prissatt men återuppbyggnad av anläggningar för att kunna nyttja BÖP för sitt ändamål ingår ej i kostnaden.

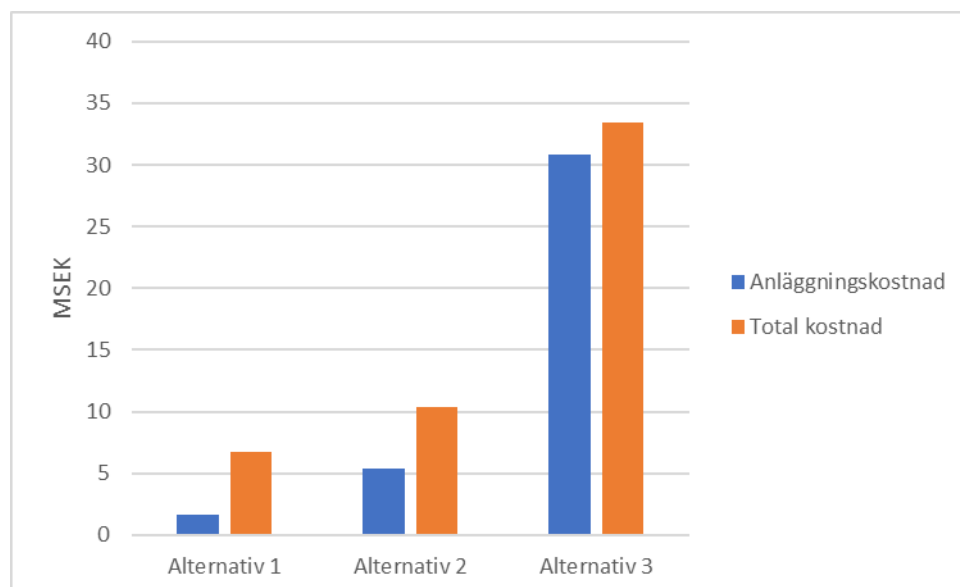
Samtliga alternativ innebär årliga drift- och underhållskostnader på grund av grundvattenpumpningen och rening. Denna bedöms uppgå till ca 200- 250 KSEK/ år. Denna kostnaden inkluderar veckovisa platsbesök, provtagning, utbytesdelar, miljörapport, etc. I tabell 9 redovisas även bedömd totalkostnad för respektive alternativ inklusive drift- och underhållskostnader.

Tabell 9. Kostnad för respektive åtgärdsalternativ.

	Bedömd anläggningskostnad, MSEK	Bedömd total kostnad inkl. drift och underhåll, MSEK
Alternativ 1- Grundvattenpumpning och behandling av uppumpat grundvatten	1,7	6,7
Alternativ 2- Övertäckning i kombination med grundvattenpumpning och behandling av uppumpat grundvatten	5,4	10,4
Alternativ 3- Bortschaktning av ytlig jord innehållande PFAS- ämnen i kombination med grundvattenpumpning och rening av uppumpat grundvatten	30,9	33,4

## 11 SAMLAD BEDÖMNING- ÅTGÄRDSALTERNATIV

Figur 11 visar att skillnaden i anläggningskostnad mellan de olika alternativen är nästan 20- faldig, från ca 1,7 MSEK för det billigaste alternativet jämfört med ca 30 MSEK för det dyraste, vilket får betecknas som en stor skillnad. Skillnaden minskar något om man inkluderar bedömda drift- och underhållskostnader under åtgärdsalternativets livslängd.



Figur 11. Plan- yta för schaktning (rött raster).

En starkt förenklad riskvärdering redovisas nedan i form av en tabell med kvalitativa jämförelser avseende måluppfyllelse, risker/omgivningspåverkan, alternativens långsiktighet, prövningsplikt. Tabell 10 ger inget entydigt svar på vilket alternativ som är bäst eller sämst utan är tänkt att fungera som stöd för beslutsfattande.

Tabell 10. Förenklad riskvärdering

	Måluppfyllelse	Risker/ omgivningspåverkan	Långsiktighet	Prövningsplikt
Alt. 1	Nästan helt/ helt	Relativt små	Relativt låg	Nej, anmälan krävs
Alt. 2	Helt	Relativt små	Relativt låg	Nej, anmälan krävs
Alt. 3	Helt	Relativt små/ medel	medel	Nej, anmälan krävs

Av riskvärderingen framgår att det att alternativ 2 och 3 uppfyller åtgärds målen. Alternativ 1 uppfyller nästan åtgärds målen. Riskerna/ omgivningspåverkan är relativt små för samtliga alternativ. De omfattande transporterna för alternativ gör omgivningspåverkan något större för detta alternativet. Långsiktigheten för alternativ 1 och 2 är lägre då den PFAS- förorenade jorden ligger kvar för dessa alternativ. För samtliga alternativ är bedömningen att anmälan är tillräckligt.

WSP har inte föreslagit något av alternativen utan rekommenderar i stället att en mer fördjupad riskvärdering görs för att tydligare belysa alternativens för- och nackdelar innan beslut fattas. Samtliga berörda intressenter bör då vara delaktiga i denna och lämpligen används någon form av multikriterieanalys.

## 12 FÖRSLAG TILL KOMPLETTERANDE UNDERSÖKNINGAR

För att bättre kunna avgränsa föroreningen föreslås att grundvattenrör installeras och grundvatten provtas m a p PFAS- ämnen i nyinstallerade och befintliga grundvattenrör i norra delen av BÖP, i området mellan BÖP och fotbollsplanen som befinner sig ost/ sydost om BÖP samt i områden som gränsar mot kolonistugor och villor i sydost. Resultat av denna provtagningen skapar en mer komplett bild över förekomsten av PFAS på BÖP samt i Albäckdeponins omgivning. Grundvattenprover från brandövningsplatsen analyseras även m a p kolväten för att om möjligt bestämma typen av en påträffad frifas förorening. Vid borrning inom BÖP provtas även jord för analys av PFAS- ämnen. Provtagning av vatten i utjämningsmagasinet norr om fotbollsplanen samt provtagning av ytvatten i Albäcken och i dammen rakt söder om BÖP föreslås för att utreda påverkan på närmiljön. Vidare föreslås provtagning av träd/ fjolårslöv i två punkter för att undersöka huruvida träden kan ta upp PFAS från marken och i så fall, genom lövfällning skapa sekundära källzoner i marken.

En undersökning av avloppsreningsverkets inkommande vatten och dess avloppsslam bör också genomföras map PFAS ämnen för att se om föroreningen har spridits dit.

En brunnsinventering bör göras för att undersöka förekomsten av grävda brunnar som kan påverkas av PFAS- förorenat grundvatten från BÖP.

## VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. [wsp.com](http://wsp.com)

**WSP Sverige AB**  
Box 574  
201 25 Malmö  
Besök: Jungmansgatan 10

T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
[wsp.com](http://wsp.com)

