

Underlag MKB förörenad mark

Projektidé i Uppsala AB

MKB detaljplan Börjetull

Uppsala 2018-03-19

MKB detaljplan Börjetull

Underlag MKB förorenad mark

Datum	2018-03-19
Uppdragsnummer	1320032552
Utgåva/Status	

Ann Ajander	Kristina Jansson, Erik Östblom	Helen Svedberg
	Benjamin Selling	
Uppdragsledare	Handläggare	Granskare

Rambøll Sverige AB
Dragarbrunnsgatan 78B
753 20 Uppsala

Telefon 010-615 60 00
Fax

Unr 1320032552 Organisationsnummer 556133-0506

Innehållsförteckning

1.	Inledning	1
1.1	Uppdrag och syfte	1
1.2	Aktuella frågeställningar	1
2.	Bakgrund	2
2.1.1	Orientering	2
2.1.2	Planområde Börjetull	2
2.1.3	Markanvändning idag.....	3
2.1.4	Geologi och hydrogeologi	3
3.	Bedömning av möjliga risker och åtgärdsbehov	6
3.1	Föroreningssituation	6
3.1.1	Verksamhetshistorik för MIFO-objekt.....	6
3.1.2	Konstaterade och potentiella föroreningar	10
3.1.3	Föroreningsnivå	15
3.1.4	Librobäck 7:4	16
3.1.5	Librobäck 13:4.....	17
3.1.6	Librobäck 7:5	17
3.1.7	Librobäck 7:1	17
3.1.8	Librobäck 7:2 och 7:3 (utanför Librobäcksdeponin)	18
3.1.9	Librobäcksdeponin.....	18
3.1.10	Librobäck 14:1, 14:2, 14:3	19
3.1.11	Banvall, f.d. järnväg	19
3.1.12	Galdermas verksamhetsområde	20
3.2	Mängd förorenade massor	20
3.3	Föroreningars farlighet.....	21
3.4	Föroreningsspridning	22
3.4.1	Spridning till djupt grundvatten.....	22
3.4.2	Spridning till ytvatten	22
3.4.3	Spridning genom förångning	23
3.4.4	Spridning genom damning.....	24
3.4.5	Spridning till växter	24
3.5	Känslighet och skyddsvärde.....	24
3.6	Samlad översiktlig riskbedömning - planområdet	25
3.7	Bedömning av riskreducering och åtgärdsbehov	27
4.	Möjliga åtgärdsalternativ	28

4.1	Koncentrationsmetoder	29
4.1.1	Mekanisk sortering av jordmassor	29
4.1.2	Jordtvätt	30
4.1.3	Landfill mining (LFM)	30
4.1.4	Termisk desorption.....	31
4.2	Destruktionsmetoder	31
4.2.1	Förbränning.....	31
4.2.2	Fytoremediering (fytosanering) - fytoextraktion	32
4.3	Immobiliseringsmetoder.....	33
4.3.1	Urschaktning av förorenade massor och deponering	33
4.3.2	Inneslutning	33
4.3.3	Stabilisering och solidifiering	34
5.	Genomförandeplan av efterbehandlingsåtgärder inom planområdet	
	Börjetull	34
6.	Risker och möjliga skyddsåtgärder vid genomförande av	
	efterbehandlingsåtgärder.....	36
6.1	Bedömning av risker för exponering av föroreningar samt förorenings-spridning .	36
6.1.1	Risk för exponering av föroreningar	37
6.1.2	Risk för spridning av föroreningar i mark- och grundvatten	37
6.1.3	Risk för spridning av föroreningar genom damning	39
6.2	Möjliga skyddsåtgärder vid genomförande av efterbehandlingsåtgärder	39
6.3	Sammanfattande bedömning av risker under genomförande av efterbehandlingsåtgärd	43
7.	Alternativa genomföranden för grundläggning av byggnader med pålning	
		44
7.1	Pålning genom massor med föroreningshalter understigande MKM-riktvärdet och PSRV	44
7.1.1	Genomförande.....	44
7.1.2	Risker	44
7.2	Pålning genom massor med föroreningshalter understigande PSRV med skyddsåtgärder	46
7.2.1	Genomförande	46
7.2.2	Risker	46
7.3	Pålning genom massor < KM-riktvärdet	47
7.3.1	Genomförande	47
7.3.2	Risker	47
7.4	Pålning från opåverkad lera	47
7.4.1	Genomförande	47

7.4.2	Risker	47
8.	Deponigas	47
8.1	Kort om deponigas	47
8.2	Risker med deponigas.....	48
8.3	Områdesspecifika förutsättningar för deponigasbildning	49
8.4	Gasemissioner från deponi – konceptuell modell	50
8.5	Effektanalys	51
8.6	Risikanalys.....	51
8.7	Möjliga skyddsåtgärder	52
9.	Referenser	53

MKB detaljplan Börjetull

Underlag MKB förorenad mark

1. Inledning

1.1 Uppdrag och syfte

På uppdrag av flera byggherrar och fastighetsägare inom Börjetulls planområde genom Projektidé har Ramböll utrett några olika frågeställningar avseende föroreningsituationen inom den del av planområdet som planeras för bostäder och förskoleverksamhet. Utredningen omfattar även kommande efterbehandlingsåtgärder.

Syftet med utredningen är att den ska utgöra ett underlag till en miljökonsekvensbeskrivning (MKB) för detaljplanen.

1.2 Aktuella frågeställningar

Frågeställningarna bygger på ett yttrande från Länsstyrelsen angående Uppsala kommuns miljöbedömning, steg 1 - behovsbedömning (Uppsala kommun, 2017), möte mellan Länsstyrelsen och Stadsbyggnadsförvaltningen, Uppsala kommun samt Rambölls förslag på kompletterande underlag avseende markföroreningar. Frågeställningarna som utreds är:

1. Föroreningsituation, risker för miljö och hälsa samt åtgärdsbehov inom hela den aktuella delen av planområdet inkl. de fastigheter där det inte tidigare utförts miljötekniska undersökningar i tillräcklig omfattning
2. Möjliga åtgärdsalternativ samt förslag på genomförandeplan
3. Risk för hälsa och miljö, främst föroreningsspridning, under genomförande av efterbehandlingsåtgärder inom planområdet samt möjliga skyddsåtgärder
4. Möjliga alternativ till pålning genom jordmassor med halter understigande framtagna platsspecifika riktvärden (PSRV)
5. Bedömning av risker för deponigas samt möjliga åtgärder för att förhindra dessa

Utredningen baseras främst på tidigare utförda miljötekniska undersökningar och utredningar, se avsnitt 3.1, framtagna platsspecifika riktvärden (Ramböll, 2016), riskbedömning och åtgärdsutredning för fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 (Ramböll, 2018a), genomförandeplan för exploatering i Librobäck (Ramböll, 2017b) samt en riskanalys av pålning genom förorenade massor (Ramböll, 2017c).

2. Bakgrund

Uppsala kommun planerar att omvandla ett industriområde i Librobäck, Uppsala till bostadsområde med förskoleverksamhet. I samverkan med berörda fastighetsägare inom området pågår för närvarande en planprocess för området benämnt Börjetull.

2.1.1 Orientering

Det aktuella området ligger i stadsdelen Librobäck i den nordvästra delen av Uppsala tätort, se figur 1. Området är idag planlagt som industriområde, och denna del av Uppsala domineras av industriverksamheter men den genomgår en gradvis omvandling till att bli bostadsområden.

Ca 100-200 m nordväst om området rinner Librobäcken, som mynnar ut i Fyrisån ca 300 m öster om området. Skyddsvärdet för Fyrisån bedöms vara stort bland annat eftersom den är en viktig vandringsväg för Upplands landskapsfisk, Aspen, som är en rödlistad art enligt artdatabanken.



Figur 1. Karta som visar avgränsning av Börjetulls planområde. Källa: Uppsala kommun, 2017a.

2.1.2 Planområde Börjetull

Det aktuella planområdet som ska exploateras berör fastigheterna Librobäck 7:1-7:5, 9:2, 14:1, 14:2, samt 14:3, se figur 2 nedan. Området avgränsas av Librobäcken, Fyrisån, Fyrisvallsgatan och Börjegatan. Planområdets area är 21 ha eller 210 000 m² (Uppsala kommun, 2017b).

Detaljplanens syfte är att möjliggöra bostadsbebyggelse i kombination med utbyggnad av befintlig industri (Uppsala kommun 2017a och 2017b). Bostäderna kommer att utgöras av flerbostadshus. Inom området kommer det också att

finnas förskoleverksamhet. Vidare kommer det att finnas ett större parkområde. Planområdet omfattar även en befintlig industri, Galderma, som planerar en viss utbyggnad för att utöka och effektivisera verksamheten. I figur 2 redovisas ett utkast av plankartan (Uppsala kommun. 2017a).



Figur 2: Utkast till plankarta som visar indelning i användningsområden för bostäder (gult), industri (lila), förskola (blått), befintlig byggnad med kontorslokaler (rosa) samt grönområden (grönt). Källa: Uppsala kommun, 2017).

2.1.3 Markanvändning idag

Idag utgörs markanvändningen i huvudsak av kontors- och verksamhetsområde. Det finns idag inga bostäder inom området. Inom området finns även en nedlagd deponi i en f.d. lertäkt, Librobäcksdeponin (även kallad Librobäckstippen och Börjetippen), se vidare avsnitt 3.1. Fortsättningsvis kommer denna f.d. lertäkt/deponi benämnas Librobäcksdeponin.

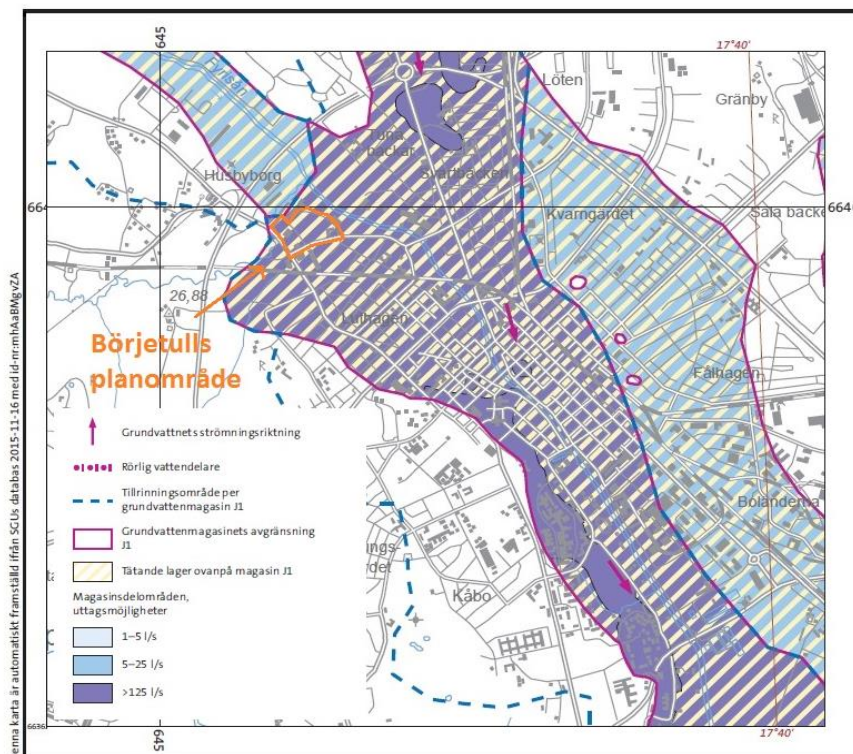
2.1.4 Geologi och hydrogeologi

Detaljplaneområdet ligger inom yttre vattenskyddsområde för Uppsalaåsen, vilket är det grundvattenmagasin som till stor del utgör källan till Uppsala kommuns dricksvatten. Av SGU:s karta över grundvattenmagasin i jordlager, se figur 3

(SGU, 2018), framgår att området ligger i utkanten av den västra delen av Uppsalaåsen, samt att grundvattnets strömningsriktning i åsen bedöms vara riktad åt sydost.

Området är således även beläget inom Uppsalaåsen-Uppsala grundvattenförekomst (VISS¹). Enligt VISS bedöms grundvattenförekomstens kemiska status vara otillfredsställande med avseende på perfluorerade ämnen PFAA7 och bekämpningsmedel BAM (2,6-Diklorbensamid).

Ett mäktigt lager av lera överlagrar Uppsalaåsens grundvattenmagasin inom detaljplaneområdet. Utanför den f.d. deponin/lertakten, Librobäcksdeponin, som finns inom detaljplaneområdet har markundersökningar påvisat att jordlagerföljden utgörs generellt av ca 0,5 – 1 m fyllning ovan på postglacial lera, som överlagrar åsmaterial. Inom Librobäcksdeponin har fyllnadsjordens mäktighet tidigare påvisats vara mellan 2,6 - 4 meter och med ett medeldjup av cirka 3,2 meter under markytan.



Figur 3. Grundvattenmagasin i jordlager. Källa: Sveriges Geologiska Undersökning, SGU.

Enligt SGU:s jorddjupskarta uppskattas jorddjupet vara cirka 20-30 meter inom området (SGU, 2018). I samband med en miljöteknisk undersökning 2016,

¹ VISS (VattenInformationsSystem Sverige) är en databas som har utvecklats av vattenmyndigheterna, länsstyrelserna och Havs och vattenmyndigheten.

installerades ett grundvattenrör med spetsen i friktionsmaterial till ett djup av 18 meter (Ramböll, 2017). Huvuddelen av jordlagerföljden ned till detta djup utgjordes av lera. Lerlagrets mäktighet är enligt Bjerking's tidigare undersökningar ca 10-15 meter inom Librobäcksdeponin (Bjerking, 2015). Utanför Librobäcksdeponin bedöms leran vara 2 - 3 meter mäktigare, eftersom det där inte tagits bort någon lera. Leran har låg genomsläpplighet och transport i lerlagret kan främst antas ske i eventuella siltlager som förekommer i leran.

Bergarten inom området består främst av ryolit, dacit som är en metamorf bergart och ca 1,9 miljarder år gammal (SGU, 2018).

Skyddsområdet med avseende på grundvatten gäller i första hand för åsen, och det är vattnet under lerlagret som främst kan anses vara ett grundvatten i egentlig mening och som står i kontakt med Uppsalaåsen. Förutom detta djupa grundvattenmagasin under leran, kan infiltrerande vatten skapa en mer eller mindre utbredd förekomst av ytligare (mark)-grundvatten i fyllnadsjord/ytligare lera vilket potentiellt kan ge upphov till föroreningsspridning löst i vatten ytligare i jordprofilen.

Tidigare försök till installation av ytliga grundvattenrör utanför den Librobäcksdeponin inom t ex Librobäck 7:4, har visat att endast en begränsad mängd vatten förekommer i fyllnadsjord/ytligare lera. Inom den Librobäcksdeponin har vatten påträffats i de ytliga grundvattenrör som installerats. Att grundvatten påträffas inom deponin beror på att det finns ett mer genomsläppligt material där, vilket gjort att vatten ansamlas och blir kvar då spridningen i omkringliggande lera är mycket långsam.

Avvägningar av grundvattenytor har påvisat att grundvattnet i det ytliga (mark)-grundvattnet inom den Librobäcksdeponin finns på ett djup av ca 3 m under markytan, medan grundvattnet i det djupa grundvattnet under leran finns på ett djup av ca 5 meter under markytan, vilket motsvarar trycknivån i den djupare akivfären. När leran penetreras av ett grundvattenrör stiger vattnet till den höjd som motsvarar dess potentiometriska tryckhöjd (d.v.s. ca 5 meter under markytan i detta fall). Grundvattnet i det djupa magasinet förekommer dock i själva verket i friktionsmaterialet under leran där grundvattnet strömmar på större än ca 10 - 15 meters djup under markytan.

Kontakten mellan ytligt/djupt grundvatten och förutsättningen för transport från det ytliga till det djupa grundvattnet begränsas alltså av det tjocka lerlagret som överlagrar det djupa grundvattenmagasinet. På grund av detta bedöms föroreningstransport från det ytliga (mark)-grundvattnet till det djupa grundvattnet vara mindre trolig.

Området är flackt men sluttar svagt ner mot Fyrisån och Librobäcken. Eventuell ytlig avrinning i fyllnadsmaterialet bedöms kunna strömma ner i det djupare fyllnadsmaterialet i Librobäcksdeponin alternativt kan infiltrerat vatten

transporteras i det ytliga fyllnadsmaterialet och bör då följa den topografiska lutningen.

Strömningsriktningen för ytligt (mark)-grundvatten i fyllnadsjord/ytligare lera har inte klargjorts närmare, men då området är relativt flackt, bedöms en spridning till Librobäcken såväl som Fyrisån kunna vara trolig. Det är troligt att båda strömningsriktningarna kan vara aktuella för olika delar av området. Vid en tidigare undersökning för en kemtvätt söder om området (Golder Associates 2009) konstaterades att strömningsriktningen för ytligt (mark)-grundvatten var i riktning mot Librobäcken.

3. Bedömning av möjliga risker och åtgärdsbehov

Nedan redovisas en översiktlig samlad bedömning av miljö- och hälsorisker samt en bedömning av var det kan finnas eller finns ett behov av efterbehandlingsåtgärder vid de fastigheter inom Börjetulls planområde (exklusive Galdermas verksamhetsområde) för vilka det har identifierats MIFO-objekt. MIFO-objekt är konstaterade eller potentiellt förorenade områden som finns registrerade i Länsstyrelsen i Uppsalas databas över förorenade områden, det s.k. EBH-stödet. Många av MIFO-objekten är riskklassade enligt Naturvårdsverkets metodik för inventering av förorenade områden (MIFO-metodiken). För mer information om MIFO-metodiken och riskklassningssystemet hänvisas det till den s.k. MIFO-rapporten (Naturvårdsverket, 1999).

3.1 Föroreningssituation

3.1.1 Verksamhetshistorik för MIFO-objekt

I tabell 1 nedan redovisas de verksamheter som bedrivits vid de olika fastigheterna inom Börjetulls planområde (exklusive Galdermas verksamhetsområde) samt de MIFO-objekt som finns registrerade i Länsstyrelsens databas EBH-stödet. MIFO-objekten och fastigheterna finns markerade i kartan i figur 4.

<i>Librobäck 7:2 och 7:3</i>	Järlåsa Brädgård och västra delen av deponin	F0380-1613	149325	Avfallsdeponi, skrothantering, snickerifabrik
<i>Librobäck 7:4</i>	<i>Scandinavian Chemicals, Scandecor, grafisk industri</i>	F0380-1279	149128	Tryckeri;övrigt
<i>Librobäck 7:5</i>	<i>Plantskola/Handel strädgård Riskklass 1</i>	F0380-0779	148761	Plantskola och tryckeri (Riskklass 3)
<i>Librobäck 7:5</i>	<i>Tryckeri</i>		148588	Plantskola
<i>Librobäck 14:1</i>	<i>Krantz åkeri AB m.fl.</i>	F0380-0618	148671	Bilverkstad samt åkeri
<i>Librobäck 14:2</i>	<i>Lindbergs grafiska HB</i>	F0380-1270	149122	Grafisk industri
<i>Librobäck 13:4</i>	<i>KI - Panel, Scandiflash</i>	F0380-0007	148180	Plantskola, bilverkstad

3.1.1.1 *Librobäck 7:1*
MIFO-objektet heter K.H. Björngård AB. I MIFO-historiken framgår att bilvårdsanläggningen lades ned 1968, verksamheten startades 1958. Uppgifterna angående årtal är osäkra, vilket innebär att uppstart och nedläggning kan ha varit tidigare respektive senare. Enligt Golder (Fas II Librobäck 7:1, 2011) har det förutom bilvårdsanläggningen även funnits kontor, lager och butiksförsäljning på fastigheten. Fastighetens yta uppges till ca 8600 m² enligt samma rapport.

3.1.1.2 *Librobäck 7:2 och 7:3*
MIFO-objekten heter Järlåsa brädgård AB, där tidigare verksamheter har varit snickerifabrik, skrothantering, kommunal deponi i f.d. lertäkt (del av Librobäcksdeponin). På fastigheterna har det även funnits ett lager för impregnerat virke. Det är oklart om impregnering har förekommit på platsen. Idag finns en större byggnad på fastighet 7:3. Tidigare fanns även ytterligare 5-6 stycken mindre byggnader. Byggnaderna har använts för kontor, lagerverksamhet för impregnerat virke, diverse lösningsmedel och färger till försäljning.

3.1.1.3 *Librobäck 7:4*
I MIFO-historiken (senast uppdaterad 2011) framgår att tryckeri och "övrigt" är verksamheter som finns inom området. Det framgår vidare att vidare att verksamheten startades 1973 och att de kemikalier som hanterades på området var lösningsmedel och eventuellt färger. Enligt Kurowska (2002) har det även funnits en handelsträdgård på fastigheten, oklart mellan vilka år. Scandecor var

vid tidpunkten (2011) verksamhetsutövare, tidigare verksamhetsutövare var Stams industrifastigheter. I en rapport för en miljöteknisk undersökning från (Golder, 2001) anges att en industribyggnad har funnits på fastigheten, vilken uppfördes av Stams industrifastigheter 1973. I rapporten anges att Scandecor "under många år fram till idag (2001)" har arrenderat fastigheten.

3.1.1.4 *Librobäck 7:5*

I MIFO-historiken (senast uppdaterad 2012) framgår att verksamheter som har funnits inom området är plantskola och tryckeri. Inom fastigheten finns två byggnader, en lagerbyggnad från 1975 samt ett trähus från 1930. Båda byggnaderna inrymmer kontorslokaler, i träbyggnaden uppges det även finnas en skola. Tidigare fanns en handelsträdgård inom fastigheten och de intilliggande fastigheterna Librobäck 7:4, 8:1 och 8:3 (Kurowska, 2002). Librobäck 8:1 och 8:3 har idag bytt namn och motsvarar den västra delen av Librobäck 13:4 (se vidare i avsnitt Librobäck 13:4). Enligt MIFO-historiken bedöms verksamheten vara ca 40 år för handelsträdgården med start under 1930-talet och 20 år för tryckeriet som startades 1973. Tidigare verksamhetsutövare är: Scandecor, Printab, Blomsterängens Växtcentrum AB, Trädgårdsmästare HE Lindström och Börjegatan Blomsterängen. Fastighetens yta uppges till ca 6000 m².

3.1.1.5 *Librobäck 13:4*

Fastigheten var tidigare (se bilaga 3, Golder (2001)) uppdelad på flera fastigheter, Librobäck 8:1, 8:3 och 8:4. Fastighetsindelning har gjorts om i samband med nybyggnationer. Idag är företaget Galderma verksamma på större delen av fastigheten, medan den västra delen är aktuell för uppförande av bostadshus. Enligt Kurowska (2002) har det även funnits en handelsträdgård på fastighetens västra del (tidigare Librobäck 8:1 och 8:3), oklart mellan vilka år.

3.1.1.6 *Librobäck 14:2*

I en miljöinventering av Librobäck 14:2 (Kurowska, 2002) anges grafisk industri som verksamhet. Objektet är ej riskklassat då verksamheten som ska ha bedrivits bedöms ha varit liten under modern tid. På fastigheten finns en byggnad som uppfördes 1979 och renoverades 1999, innan 1979 var det hagmark. Tidigare verksamhetsutövare är Lindberg (1990-2002), eventuellt Norrtornet år 2001 enligt gällande MIFO-blankett. Organiska lösningsmedel uppges ha hanterats.

3.1.1.7 *Librobäck 14:3*

Fastigheten ingår i MIFO-objektet Kv Penningaby. Tidigare verksamheter: Bilverkstad, grafisk industri, verkstadsindustri. I princip hela fastigheten är belägen inom deponiområdet (Librobäcksdeponin), som är undersökt och konstaterad förorenad.

3.1.1.8 *Librobäcksdeponin (Librobäckstippen/Börjetippen)*

Området var en av S:t Eriks lertäkter under åren 1934-1945 och sträcker sig över fastigheterna Librobäck 1:41; Librobäck 7:3; Librobäck 9:2; Librobäck 10:5; Librobäck 11:1; Librobäck 13:1; Librobäck 13:2; Librobäck 14:3, se figur 4. Lergropen användes som Uppsalas officiella industrideponi fram till 1957, därefter

övertäcktes tippen. Här har varierande avfall såsom hushållssopor, byggavfall, oljetunnor, skrot och schaktmassor deponerats. Enligt MIFO-historiken har de aktuella branscherna på fastigheterna förutom lertäkt och avfallsdeponier varit: industrideponi, verkstadsindustri, grafisk industri, bilvårdsanläggning, bilverkstad och åkerier.



Figur 5. Ungefärlig utbredning av lertäkt i Librobäck. Källa: Theresa Weber-Qvarfort, 2011

3.1.2 Konstaterade och potentiella föroreningar

3.1.2.1 Branschspecifika föroreningar

De MIFO-objekt som av Länsstyrelsen inte är riskklassificerade enligt MIFO-metodiken (gråmarkerade stjärnor i figur 4 ovan) saknar underlag för en sådan bedömning (miljötekniska undersökningar, inventeringar mm). Utifrån information om tidigare verksamheter kan Naturvårdsverkets branschspecifika riskklassning användas för att göra en bedömning (Naturvårdsverket, 1995; 2011).

Branschklassningen baseras på samma principer som objektklassningen frånsett de platsspecifika faktorerna. Hänsyn tas till följande faktorer:

- Branschens olika produktionsprocesser genom tiderna
- Vilka råvaror som har använts, vilka produkter och avfall som har skapats samt rutiner för lagring, hantering och omhändertagande av dessa
- De branschspecifika föroreningarnas hälso-och miljöfarlighet
- Vilka mängder av potentiella föroreningar som normalt har hanterats samt vilka föroreningsmängder som är branschtypiska

Det finns fyra stycken branschspecifika generella riskklasser. I den högsta riskklassen, riskklass 1, återfinns branscher med dokumenterat allvarliga

efterbehandlingsproblem, exempelvis stora industrianläggningar med stort efterbehandlingsbehov. Påverkansområdet av föroreningarna är av regional karaktär där risk finns för en långvarig och omfattande spridning. Aktuella föroreningar är i riskklass 1 stabila eller svårnedbrytbara samt bioackumulerande och toxiska.

Riskklass 2 har en mer småskalig problematik med främst en lokal påverkan. Dessa branscher kan ha många små anläggningar som sammantaget har en stor föroreningspotential.

I riskklass 3 finns branscher med empiriskt begränsade efterbehandlingsproblem, vad gäller omfattning och frekvens. I riskklass 4 återfinns branscher med mycket små efterbehandlingsproblem som endast undantagsfall behöver åtgärdas.

Alla objekt som är placerade i klass 1 eller 2 är i behov av en inventering medan objekt i branschklass 3 motiveras för varje enskild bransch, vissa inventeras medan andra endast identifieras. Objekt i klass 4 ska endast identifieras eller inte behandlas alls.

I tabell 2 visas de branscher som av Naturvårdsverket (rapport 4393, 1995) har klassificerats. Branschklassningen är generell och enskilda objekt kan ha en helt annan riskklass än branschen. Kompletterande lista över branschklassade verksamheter finns i Naturvårdsverkets branschlista från 2011.

3.1.2.2

Föroreningar vid MIFO-objekt inom Börjetulls planområde

I tabell 3 och tabell 4 presenteras vilka MIFO-objekt som finns inom Börjetulls planområde i den del där det planeras för bostäder, grönområden och skolverksamhet, samt vilka föroreningar som är konstaterade respektive bedöms finnas inom de olika fastigheterna. I de fall underlag från miljötekniska markundersökningar och utredningar saknades, har branschspecifika föroreningar antagits utifrån vilka branscher (verksamheter) som varit aktiva historiskt. Branschspecifika föroreningar i de olika branschklasserna finns beskrivet i *Naturvårdsverkets Metodik för Inventering av bedömningsgrunder för miljö kvalitet (NV, rapport 4918)*. I tabell 3 redovisas i huvudsak fastigheter i Börjetulls planområde med branschspecifika föroreningar, medan tabell 4 redovisar motsvarande fastigheter med konstaterade föroreningar utifrån utförda miljötekniska markundersökningar.

Det har antagits att branschspecifika föroreningar från respektive MIFO-objekt finns inom de fastigheter som inte är riskklassade. Branschspecifika föroreningar har även kompletterats med information från MIFO-blanketter eller miljötekniska undersökningar i den mån de fanns tillgängliga.

Tabell 2. Potentiella (branschspecifika) föroreningar vid de fastigheter inom Börjetulls planområde som inte bedöms ha undersökts i tillräcklig omfattning. Utförda undersökningar på fastigheten finns även redovisade.

Namn MIFO-objekt	Branschklass (BKL)	Potentiella branschspecifika föroreningar	Utförda undersökningar och utredningar
<i>Librobäck 7:4</i>	2	Lösningsmedel	Golder, <i>Miljöteknisk markundersökning av 11 fastigheter i Librobäck, 2001-06</i>
<i>Librobäck 7:5</i>	2	Bekämpningsmedel, Bly**	- Golder, <i>Miljöteknisk markundersökning av 11 fastigheter i Librobäck, 2001-06</i> - Golder <i>Miljöinventering hos AB Uppsala Kommuns Industrihus, Zofia Kurowska</i>
<i>Librobäck (banvall)*</i>	-	Bekämpningsmedel	-
<i>Librobäck 14:1</i>	3	Olja, lösningsmedel	- Ebab <i>Översiktlig miljöteknisk markundersökning med åtgärdsplan, 2011-05-20</i> - Golder, <i>Miljöteknisk markundersökning Fas II, 2011-07-01</i>
<i>Librobäck 14:2</i>	3	Tungmetaller och lösningsmedel	<i>Miljöinventering hos AB Uppsala Kommuns, Industrihus, Zofia Kurowska, 2002</i>

* Inget MIFO-objekt, men enligt Rambölls bedömning potentiellt förorenad utifrån verksamhetshistorik.

** En blyförorening uppmättes i halt >KM-riktvärdet vid Golders undersökning 2011.

Tabell 3. Konstaterade föroreningar vid de fastigheter inom Börjetulls planområde som bedöms ha undersökts i tillräcklig omfattning. MIFO-klassning utifrån MIFO-blanketter eller information i VISS. Föroreningar som har konstaterats vid tidigare utförda undersökningar och utredningar inom fastigheterna finns även redovisade.

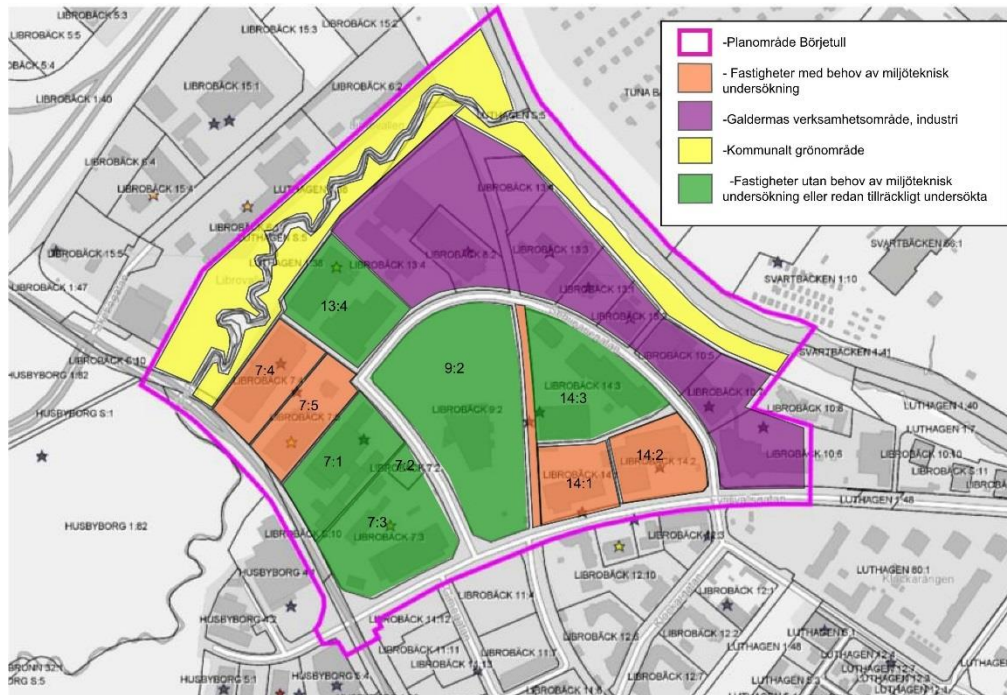
Namn MIFO-objekt	Riskklass enligt MIFO	Konstaterade föroreningar	Undersökningar och utredningar
Librobäck 1:41; Librobäck 7:3; Librobäck 9:2; Librobäck 10:5; Librobäck 11:1; Librobäck 13:1; Librobäck 13:2; Librobäck 13:3; Librobäck 14:3	1	Alifater, aromater, PAH, arsenik, bly, zink, barium, kadmium, koppar, kvicksilver	- Golder, Miljöteknisk markundersökning av 11 fastigheter i Librobäck, 2001-06 - Ebab Översiktlig miljöteknisk markundersökning med åtgärdsplan, 2011-05-20 - Bjerking, PM Miljöteknisk undersökning av deponi i tidigare lertäkt, 2015-02-11 - Ramböll, Marksanering Librobäck 7:3, 2017-02-16 - Bjerking. PM Miljöteknisk markundersökning. Librobäck 13:3 och 13:4 (del av), 2018-02-16.
Librobäck 7:1		Inga föroreningshalter över KM-riktvärdet har påträffats.	- Golder, Miljöteknisk markundersökning av 11 fastigheter i Librobäck, 2001-06 - Golder, Miljöteknisk markundersökning FAS II, 2011-07-01
Librobäck 7:2 och 7:3		Arsenik, bly, zink, barium, kadmium, koppar, kvicksilver, PAH, alifater, aromater	- Golder, Miljöteknisk markundersökning av 11 fastigheter i Librobäck, 2001-06 - Ramböll, Miljöteknisk markundersökning, Librobäck 7:3, 2017-02-16

<i>Librobäck 13:4 (tidigare Librobäck 8:1)</i>	3	PAH, (alfater, BTEX)	• Golder, <i>Miljöteknisk markundersökning av 11 fastigheter i Librobäck, 2001-06</i> • Länsstyrelsen i Uppsala län, <i>Inventering enligt MIFO fas 1</i>
<i>Librobäck 7:5</i>	3	Bekämpningsmedel ² , bly	• Golder, <i>Miljöteknisk markundersökning av 11 fastigheter i Librobäck, 2001-06</i> • <i>Miljöinventering hos AB Uppsala Kommuns Ihus, Zofia Kurowska, 2002</i>

Baserat på uppgifter om verksamhetshistorik och branschhistorik samt de miljötekniska undersökningar som utförts inom Börjetulls planområde, har Ramböll utfört en bedömning av vilka fastigheter som behöver undersökas ytterligare i samband med den nu pågående planprocessen. Detta har resulterat i ett programförslag med en översikt över vilka behov av miljötekniska undersökningar som finns inom planområdet för de MIFO-objekt som tidigare inte har undersökts i tillräcklig omfattning (Ramböll, 2018a). Av kartan i figur 6 framgår det inom vilka fastigheter det finns behov av ytterligare miljötekniska markundersökningar i detta skede.

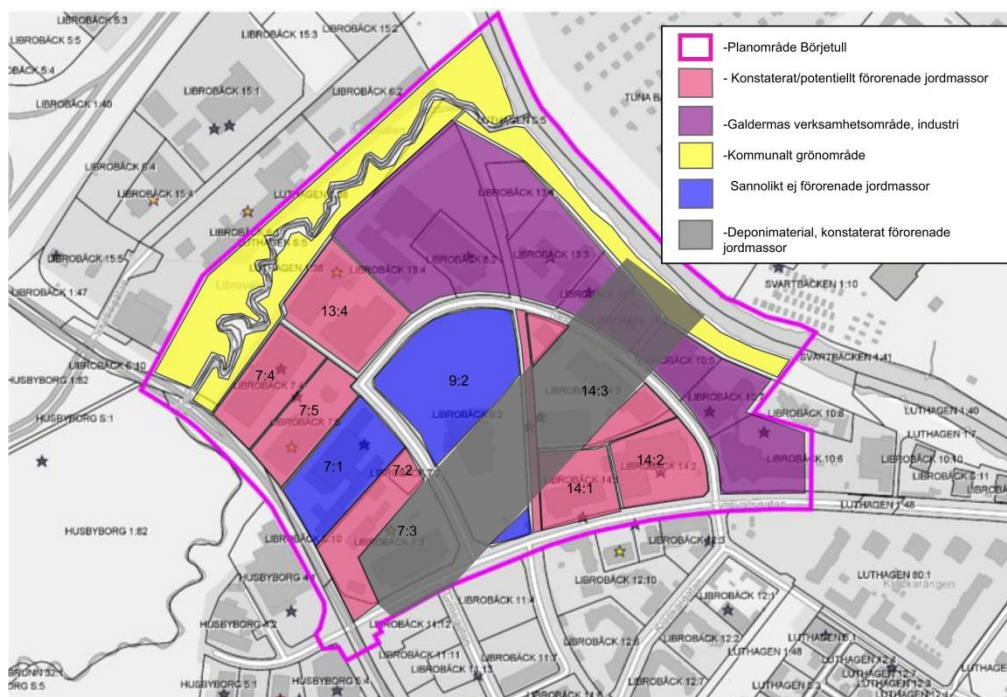
De fastigheter som Ramböll bedömer är i behov av ytterligare miljöteknisk undersökning är färg orange, figur 6. Dessa fastigheter behöver kompletteras med antingen fler provtagningspunkter eller analyseras med avseende på fler föroreningar. För fastigheterna Librobäck 14:1 och 14:2 saknas markundersökningar för områden utanför Librobäcksdeponin. De gulmarkerade kommunala grönområdena är även i behov av markundersökningar, då risk finns för föroreningar mot bakgrund av de förorenande verksamheterna i närområdet. De fastigheter färgat i grönt bedöms vara tillräckligt undersökta utifrån de tidigare verksamheter som har bedrivits. Det område som är markerat med lila färg är flera fastigheter tillhörandes företaget Galderma, där industriverksamhet bedrivs.

² Bekämpningsmedel har ej uppmätts, men sannolik utifrån tidigare verksamheter



typiska för de branscher, som de tidigare verksamheterna tillhört, det vill säga branschtypiska föroreningar enligt Naturvårdsverkets branschklassning, förekomma i marken. Enligt försiktighetsprincipen antas det att föroreningshalterna överstiger de platsspecifika riktvärdena (PSRV) där undersökningar inte har visat någonting annat.

De gulmarkerade områdena är grönområden i direkt anslutning till Librobäcken och Fyrisån. Dessa områden ingår inte i någon tidigare miljöteknisk markundersökning men kan vara av intresse ur föroreningssynpunkt dels med hänseende till närheten till historiskt förorenande verksamheter men det kan även finnas en risk att områdena har använts för att deponera avfall.



Figur 7. En översiktlig karta över föroreningssituationen i Börjetulls planområde. De rosafärgade fastigheterna indikerar konstaterat eller potentiellt förorenade jordmassor, medan blåfärgade fastigheter sannolikt ej är förorenade. Ungefärligt området för den f.d. Librobäcksdeponin är markerat i grått och Galdermas verksamhetsområde i lila. De gulmarkerade områdena är kommunala grönområden med risk för förorenade jordmassor.

3.1.4

Librobäck 7:4

Ett jordprov i anslutning till en f.d. serviceverkstad analyserades med avseende på petroleumprodukter, Golder (2001). Analysen påvisade inga halter över detektionsgränsen. Det finns i MIFO-blanketten uppgifter om att lösningsmedel kan ha hanterats på fastigheten. Det bör därför utföras kompletterande provtagning inom fastigheten.

3.1.5 **Librobäck 13:4**

Bjerking genomförde i januari 2018 en miljöteknisk undersökning på fastigheterna Librobäck 13:4 och 13:3 (Bjerking, 2018). Librobäck 13:3 ingår i Galdermas verksamhetsområde och resultaten finns redovisade nedan. Bjerking tog prov på jord och markvatten (ytligt grundvatten) endast i den del av Librobäck 13:4 där det planeras för bostäder, se figur 6. Analyser genomfördes med avseende på alifater, aromater, metaller, BTEX (endast markvatten), PAH och pesticider. Resultaten visade att KM-riktvärdet överstegs för uppmätta halter av alifater, aromater och PAH i jordprover. Alifater och aromater uppmättes i halter understigande PSRV, men inte PAH som översteg PSRV. Alifater överstigandes riktvärden för dricksvatten och ångor i byggnader uppmättes i markvatten.

När en miljöteknisk markundersökning genomfördes av Golder (2001), var fastigheten uppdelad i de två tidigare fastigheterna Librobäck 8:1 och 8:3. I den norra delen (f.d. Librobäck 8:1) uttogs jordprover i fyllnadsmassor där alla visade petroleumhalter över KM-riktvärdet, men under MKM-riktvärdet. Inga förhöjda halter av metaller påvisades. De två jordprover som uttogs i den södra delen (f.d. Librobäck 8:3), metall-och petroleumhalter understeg KM-riktvärdet.

3.1.6 **Librobäck 7:5**

Inom denna fastighet inryms två stycken MIFO-objekt, ett som är klassat till riskklass 3 (Id.nr 148761 i EBH-stödet) och ett som ej är riskklassat men branschklassat utefter tidigare verksamheter. Bekämpningsmedel från handelsträdgårdar bedöms finnas i måttligt till stor föroreningsnivå. Vid Golders miljötekniska undersökning (2001) överskred uppmätta blyhalter KM-riktvärdet. Branschtypiska föroreningar är oljor, lösningsmedel, bekämpningsmedel och metaller. Enligt "Miljöinventering av Objekt 31 – Librobäck 7:5 hos AB Uppsala kommuns industrihus" har underliggande lerlager en mäktighet av 15-20 m.

3.1.7 **Librobäck 7:1**

Golder genomförde i juli 2011 (Golder, 2011) en miljöteknisk markundersökning av Librobäck 7:1. Jordprover uttogs och analyserades med avseende på alifater, aromater, metaller, BTEX och PAH. Genomgående låga halter uppmättes av ovanstående parametrar, ingen av de analyserade jordproverna överskred Naturvårdsverkets generella riktvärden för KM eller MKM. Inget saneringsbehov av fastigheten bedömdes föreligga (Golder, 2011).

Kemikalier som hanterades vid den tidigare bilvårdsanläggningen anges ha varit olja och lösningsmedel. Ingen efterbehandlingsåtgärd skedde efter driftslut. Fyllnadsmassor på lera beskrivs vara markförhållandena i fastigheten. I Golder (2001) provtogs fyllnadsmassa in en punkt för alifater, aromater och BTEX. Halter av petroleumprodukter understeg detektionsgränsen för analysen.

3.1.8

Librobäck 7:2 och 7:3 (utanför Librobäcksdeponin)

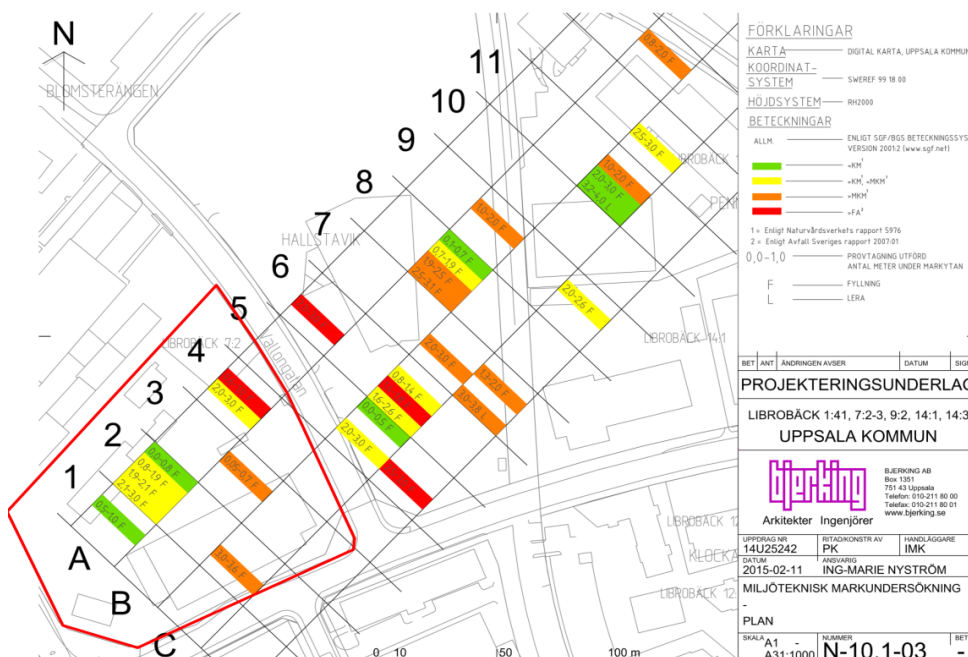
I en provpunkt norr om deponin (Librobäcksdeponin) uppmättes inga föroreningar överstigandes KM-riktvärdet (Golder, 2001), men i en annan punkt utanför deponin påträffades PAH i en halt över KM-riktvärdet.

I den norra delen av Librobäck 7:2 och 7:3 uppmättes akuttoxiska halter av arsenik i ytligt jordlager (Ramböll, 2017). Arsenikhalterna påträffades i ett gruslager, som sannolikt härrörde från Dannemoragruvan. Vidare påträffades PAH-föroreningar i halter över PSRV (platsspecifika riktvärden) i två provtagningspunkter utanför deponiområdet, i den norra respektive den sydvästra delen av området.

3.1.9

Librobäcksdeponin

Vid undersökningar av deponin i lertakten (fastigheterna Librobäck 7:3, 9:2, 14:3 m.fl.) påträffades föroreningar i nästan alla provpunkter (Ebab 2011, Bjerking 2015 och Ramböll 2017). Höga halter av framför allt PAH och metaller såsom arsenik, zink, kadmium, koppar och bly uppmättes i jordprover från deponin. I några punkter uppmättes även halter över Avfall Sveriges rekommenderade haltgräns för farligt avfall (FA). I övrigt uppmättes det höga halter av PAH med hög molekylvikt (PAH-H), oljekolväten, arsenik, barium, bly, kadmium, koppar, kvicksilver och zink.



Figur 8. Uppmätta föroreningshalter i Librobäcksdeponin. De färgmarkerade nivåerna under markytan i rutorna betyder följande uppmätta föroreningshalter: Grön: < KM, Gul: KM-MKM, Orange: > MKM och Röd: > FA. Undersökningsområdet för Rambölls undersökning av fastighet Librobäck 7:2 och 7:3 är markerat med en röd linje. Källa: Bjerking's undersökning 2015-02-11.

Vid Bjerking's undersökning genomfördes även 2-stegs laktest för att försöka bedöma mottagningsklass för deponering. Inget av samlingsproverna uppfyllde kraven för inert deponi men dock kraven för icke-farligt avfall och farligt avfall som får deponeras på deponi eller deponicell för icke farligt avfall (IFA) enligt NFS 2004:10 §30.

I det ytliga (mark)-grundvattnet påträffades höga halter av PAH, men det bedömdes av Bjerking som osäkert om dessa var lösta i vattnet då vattenproverna var grumliga. Uppmätta metallhalter var låga – måttliga. Vidare påträffades vinylklorid i en halt över Livsmedelsverkets kriterium för dricksvatten (SLVFS 2011:3). Överlag speglade uppmätta föroreningshalter i det ytliga (mark)-grundvattnet föroreningsbilden i deponin vad gäller PAH och olja men inte för metaller. Utförda laktester har påvisat att metallföroreningarna i jord är partikulärt bundna och att de inte påträffats i lakningsbenägna former i någon stor utsträckning. Även andra föroreningar såsom bensen, rester av bekämpningsmedel (BAM) samt klorerade ämnen (vinylklorid och 1,1-Dikloretan), uppmättes i förhöjda halter. Ett prov taget i det djupa grundvattnet i Uppsalaåsens grundvattenmagasin i anslutning till deponin på fastigheten Librobäck 7:3, visade inte på någon föroreningspåverkan.

På grund av de höga föroreningsnivåerna som har påträffats (främst PAH-H, oljekolväten, arsenik, barium, bly, kadmium, koppar, kvicksilver och zink) samt att det finns risk för förekomst av deponigas, har Librobäcksdeponin (Börjetullsdeponin) tilldelats riskklass 1 enligt MIFO fas 1 (Geosigma 2016), vilket enligt MIFO-metodiken betyder att området kan innebära en mycket stor risk för människors hälsa och miljö.

3.1.10 **Librobäck 14:1, 14:2, 14:3**

Vid en miljöteknisk markundersökning inom fastigheten Librobäck 14:1 uppmättes såväl metallhalter överskridande MKM-riktvärdet som PAH överskridandes KM-riktvärdet. Dessa jordmassor tangerar deponins utbredning. Fastigheten Librobäck 14:3 utgörs till största delen av deponiområde (Librobäcksdeponin), vilket finns beskrivet i Bjerking (2015) och Ramböll (2017). I de områden på fastighet 14:3 som inte underlagras av deponimassor antas att marken är förorenad av branschtypiska föroreningar: petroleumprodukter, metaller och lösningsmedel. Inom fastigheten Librobäck 14:2 har ingen miljöteknisk markundersökning genomförts. Liksom ovan antas därmed att fastigheten är förorenad av branschtypiska föroreningar, vilka är samma som för fastigheten Librobäck 14:3. Enligt en uppgiftsblankett från 1990 till kommunen (MIFO-historik) uppges Grafiska HB ha haft en årsförbrukning på 70 kg lösningsmedel. Vid en inspektion av Lindbergs grafiska år 2001 av Uppsala kommun noterades det att farligt avfall förvarades i lokalen och utgjordes av färgrester, förbrukad aktivator, förbrukad etsväska samt förbrukad tvättvätska.

3.1.11 **Banvall, f.d. järnväg**

Genom planområdet Börjetull löper en banvall efter en tidigare enkelspårig järnväg. Banvallen löper mellan Librobäck 9:2, 14:1, 14:3 och vidare in i

Galdermas verksamhetsområde, se figur 6 och 7. Banvallen är inget MIFO-objekt och är därmed varken risk- eller branschklassad. En karta över spårdragning finns att se i Lantmäteriets ekonomiska karta från 1980. Det är troligt att det vid banvallen har använts bekämpningsmedel mot ogräs, men även kreosotbehandlade slipers kan tänkas förekomma, vilka kan ha orsakat PAH-föreningar.

3.1.12

Galdermas verksamhetsområde

Det har även utförts en del miljötekniska markundersökningar inom Galdermas verksamhetsområde (de lilamarkerade fastigheterna). Inom fastigheterna Librobäck 13:1 och 13:2 påträffades föreningar, främst metaller (arsenik, koppar, bly och zink), oljeföreningar, PAH i halter över både MKM-riktvärdet och FA (Avfall Sveriges rekommenderade haltgräns för farligt avfall) vid en miljöteknisk markundersökning (Bjerking, 2012). Även det ytliga grund-/markvattnet var förorenat. Bland annat påträffades triklorfenol, ftalater samt BAM (en nedbrytningsprodukt från bekämpningsmedlet) diklobenil, som bland annat ingick i totalutrotningsmedlet Totex). Bjerking bedömde att alla föreningar med undantag för oljeföreningen i en provpunkt, härrörde från tippverksamheten i den före detta lertakten (Librobäcksdeponin). Vidare undersöktes en jordprovpunkt inom fastigheten Librobäck 8:2, i vilken uppmätt halt understeg Naturvårdsverkets generella riktvärde för KM (Golder, 2001).

Fastighet Librobäck 13:3 ingår i Galdermas nordöstra verksamhetsområde, där jordprover uttogs i en miljöteknisk undersökning 2018 (Bjerking, 2018). Jordprover analyserades bland annat med avseende på alifater, aromater, metaller, PAH och pesticider. Uppmätta PAH-halter överskred MKM-riktvärdet och även FA-gränsvärdet. Alifater samt metallerna arsenik, kobolt, kvicksilver och bly uppmättes över KM-riktvärdet, men halterna underskred MKM-riktvärdet.

3.2

Mängd förorenade massor

Mängd förorenade jordmassor inom Börjetulls planområde har uppskattats i tabell 5. Leran har här antagits vara fullständigt tät, vilket medför att alla markföreningar antas finnas i fyllnadsmaterialet. Det är möjligt att fyllnadsmaterial under byggnader (utanför f.d. deponin) inte är förorenade, men föreningar under byggnader kan inte uteslutas. Fyllnadsmassornas djup utanför deponin varierar i de markundersökningar som har genomförts. I Rambölls miljötekniska undersökning (2017) i Librobäck 7:2 och 7:3 uppges att fyllnadens mäktighet är 0,5-1 m. I Golders (2011) markundersökning av 7:1 angavs en fyllnadsmäktighet mellan 0,3-0,5 m. Ebabs miljötekniska undersökning av Librobäck 14:1 visade att fyllnadsmassornas mäktighet uppgick till ca 1 m utanför området för deponin. Lerans mäktighet uppgår enligt till Golder (2001) och Ramböll (2017) till cirka 15- 20 m.

Tabell 4. Uppskattade mängder förorenade jordmassor inom Börjetulls planområde exkl. grönområdena längs Librobäcken och Fyrisån samt planerat/befintligt industriområde. De förorenade massornas mäktighet utanför deponiområdet har antagits vara ca 1 m. Beräknade arealer har uppskattats från kartanalys.

Namn MIFO-objekt	Uppskattade mängder förorenade jordmassor, inkl. jordmassor under befintliga byggnader [m ³]	Uppskattade mängder förorenade jordmassor jord exkl. jordmassor under befintliga byggnader [m ³]
Librobäcksdeponin (exkl. Galdermas område)	50 000*	-
Librobäck 7:2 och 7:3		700**
Librobäck 7:4	6400	3200
Librobäck 7:5	6000	3900
Banvall***	-	950
Librobäck 14:1 ***	5400	3300
Librobäck 14:2***	6500	3500
Librobäck 14:3***	2700	1700
Librobäck 13:4	-	6000/1100****

* Baserat på uppskattad mängd förorenade massor i Librobäcksdeponin som innehåller föroreningshalter över PSRV (Ramböll, 2016).

** Källa: Ramböll, 2018b. Uppskattade mängder fyllnadsmassor med halter överstigande PSRV.

*** Exkl. Librobäcksdeponin

**** Källa: Bjerking, 2018. Uppskattade mängder fyllnadsmassor med halter överstigande KM-riktvärdet respektive PSRV.

3.3 Föroreningars farlighet

Flera av de föroreningar som påträffats i framför allt Librobäcksdeponin inom Börjetulls planområde, bedöms ha mycket hög farlighet enligt MIFO-metodiken (Naturvårdsverket, 1999). Dessa föroreningar är PAH, arsenik, bly och kadmium. Därutöver förekommer metallerna koppar, nickel och vanadin samt aromatiska kolväten som bedöms ha en hög farlighet. De fastigheter där det har bedrivits plantskola (Librobäck 13:4 och 7:5) samt där banvallen går tvärs genom planområdet, kan potentiellt vara förorenade med bekämpningsmedel, som enligt MIFO-metodiken har mycket hög farlighet. I avsnitt 4.1 i PM:et *Marksanering Librobäck inom Börjetull. Framtagande av platsspecifika riktvärden* (Ramböll 2016), finns en kort beskrivning av de mest aktuella föroreningar som påträffats i jord och/eller grundvatten i förhöjda halter.

3.4 **Föroreningsspridning**

Nedan görs en bedömning av risker för spridning till det djupa grundvattnet i Uppsalaåsens grundvattenmagasin, till ytvattenrecipienterna Librobäcken och Fyrisån samt en översiktlig bedömning av föroreningsspridning genom förångning, damning och upptag i växter.

3.4.1 **Spridning till djupt grundvatten**

Spridning till djupt grundvatten bedöms vara mycket liten eller obetydlig. Den bedömningen grundas på det faktum att...

- ... det i planområdet finns ett ca 10 till mer än 15 meter mäktigt tätt jordlager bestående av lera.
- ... uppmätta föroreningshalter i ett grundvattenrör som installerats i det djupa grundvattnet under det tjocka lerlagret inom fastigheten Librobäck 7:3 inte visat på någon föroreningspåverkan.
- ... inga halter över PSRV *Boende/förskola och parkmark* har uppmätts i den underliggande naturliga leran varken i den sydvästra delen av deponin/lerläkten eller i andra delar av fastigheten Librobäck 7:2 och 7:3 där det påträffats föroreningar i fyllnadsmassorna. Underliggande naturlig lera bedöms därmed sannolikt vara opåverkad.
- ... beräknade UCLM₉₅-halter respektive uppmätta max-halter inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 underskrider PSRV *Boende/förskola och parkmark* med avseende på spridning till grundvatten med stor marginal.

Bedömningen av spridningsrisken på platsen är genomförd utifrån dagens situation, där det tjocka lerlagret avskiljer påträffade föroreningar och det skyddsvärda grundvattnet under leran.

3.4.2 **Spridning till ytvatten**

Det ytliga grundvattnet inom området bedöms i första hand kunna strömma till ytvattenrecipienterna Librobäcken och/eller Fyrisån. Antropogena spridningsvägar som ledningssystem för dagvatten, och ledningsgravar, bedöms kunna ha en större potential för transport av föroreningar lösta i vatten än via transport i (mark)-grundvatten i jorden på grund av det täta lerlagret på platsen. Efter omvandlingen av Börjetulls planområde kommer den större delen av området att utgöras av hårdgjorda ytor, och dagvatten kommer att tas omhand och ledas bort från platsen i dagvattensystem. Detta kommer att begränsa potentialen för utlakningen av föroreningar i mark och transport i (mark)-grundvatten från platsen.

I den sydvästra delen av Librobäcksdeponin har det ytliga grund-/markvattnet (deponivattnet) påträffats på ca 2,6 – 2,7 meters djup under markytan (Bjerking, 2015 och Ramböll, 2017). Deponivattenytans plushöjd var i den delen av området

1,5 meter högre än dess plushöjd i den nordöstra delen. Det visar att deponivattenytans lutning är ca 0,5 % och att det strömmar i riktning mot Fyrisån. Sannolikt pågår en spridning av föroreningar med markvattnet genom att vattnet dräneras bort från deponin via ledningsgravar eller på annat sätt främst i den delen av deponin.

Medeldjupet till deponins/f.d. lertäktens botten beräknas utifrån utförda undersökningar till ca 3,2 meter under markytan (Ramböll, 2017). Medeldjupet till deponivattnets yta beräknas till ca 2,4 meter under markytan. Det ger ett medeldjup av markvattnet på ca 0,8 meter. Antaget att hela deponin uppskattas vara ca 110 m bred och ca 390 meter lång, uppskattas det därmed finnas ca 33 000 m³ förorenat markvatten i lertäkten.

Utförda laktester av jordprov från deponin samt det faktum att höga metallhalter i jord inte bedöms ha sin motsvarighet i höga metallhalter i deponivattnet, visar att metallerna föreligger bundna till partiklar och är svårlakade (Bjerking, 2015).

I samband med riskbedömning avseende fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 i den sydöstra delen av Börjetulls planområde, kunde det konstateras att beräknade UCLM₉₅-halter överskred PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m* med avseende på spridning till ytvatten för både bly och kadmium där det förekom deponimassor i deponi-/lertäktområdet inom fastigheterna (Ramböll, 2018). Sannolikt råder liknande förutsättningar i resterande del av deponin.

I den norra delen av fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 misstänktes det finnas en arsenikförorening orsakad av förorenat grus från Dannemora (Ramböll, 2017; 2018). Uppmätta maxhalter i det området överskred PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m* med avseende på spridning till ytvatten för arsenik. Det finns inga uppgifter om att sådant grus använts i andra delar av planområdet, men om så är fallet kan det finnas en risk för spridning av arsenik även i de delarna.

Eventuella föroreningar i den del som planeras för grönområde längs Librobäcken och Fyrisån, bedöms kunna spridas med det ytliga grund-/markvattnet till de båda vattendragen då avståndet är litet.

Sammantaget bedöms spridningsförutsättningarna för föroreningar i det ytliga grund-/markvattnet och till ytvatten (Librobäcken och Fyrisån) vara mycket stora, främst från Librobäcksdeponin, via ledningsgravar i området samt även från eventuella markföroreningar i anslutning till Librobäcken och Fyrisån.

3.4.3 Spridning genom förångning

Flyktiga föroreningar såsom alifatiska och aromatiska kolväten, PAH och klorerade alifater i fyllnadsmassorna kan lämna marken och tränga in i byggnader inom Börjetulls planområde. Då fyllnadsmassorna utgörs av sand och grus bedöms markens genomsläpplighet för flyktiga föroreningar vara stor. Ytterligare en viktig faktor som påverkar spridningsförutsättningarna till byggnader, är byggnadens

genomsläpplighet. Om byggnaderna anlagts med en gastät grundläggning, minskar det spridningsförutsättningarna. Ytterligare åtgärder är ventilationsåtgärder, övertryck i byggnaden, utventilering av undre våningar i byggnaden. Det finns dock risk för att tätheten försämras med tiden beroende på en rad faktorer, vilket betyder att riskerna för inträngning av flyktiga föroreningar kan öka.

3.4.4 **Spridning genom damning**

Damning bedöms endast vara en möjlig spridningsväg från icke hårdgjorda ytor, t ex vid parkmark eller andra mindre grönområden. Gräs och annan vegetation kommer dock att begränsa omfattningen av damning från dessa ytor.

3.4.5 **Spridning till växter**

Enligt de planer som finns för området kommer huvuddelen av området att användas för flerbostadshus med endast litet utrymme för planteringar och andra vegetationsytor. Föroreningsupptag av växter bedöms därmed vara mest relevant i den del av Börjetulls planområde som kommer att utgöras av parkmark. Vidare bedöms spridningen av föroreningar till växter vara störst i de delar av området där föroreningarna förekommer i den översta metern av marken, eftersom merparten av växternas rötter inte når till större djup än en meter under markytan.

3.5 **Känslighet och skyddsvärde**

Riskerna beror på vilken känslighet exponerade grupper av människor har samt vilket skyddsvärde exponerad miljö har. Bedömning av känslighet och skyddsvärde utgår från de skyddsobjekt som definierats vid framtagande av platsspecifika riktvärden (Ramböll, 2016).

Känsligheten bedöms som mycket stor eftersom området planeras att användas för bostäder och då det djupa grundvattenmagasinet används som dricksvattentäkt för Uppsala.

Naturskyddsvärdet för fastigheterna inom den del av planområdet som planeras för bostäder bedöms vara litet eftersom ekosystemen antas vara kraftigt störda på grund av att området till stor del utgörs av en f.d. deponi/lertäkt samt att det bedrivits olika verksamheter inom området under en längre tid.

Naturskyddsvärdet för Librobäcken, se foto figur 9, och Fyrisån liksom grönstråken längs med dem bedöms vara stort. Fyrisån är ett särskilt värdefullt vattenområde och ett utpekat skyddsobjekt. Grönstråken längs Fyrisån och Librobäcken utgör livsmiljöer och spridningsstråk för djur och växter, bland annat groddjur och fågel. I artdataportalen finns enstaka observationer av de rödlistade arterna sävsparv, rosenfink och gulsparv.



Figur 9. Librobäcken inom Börjetulls planområde.

3.6

Samlad översiktlig riskbedömning - planområdet

Nedan görs en samlad översiktlig riskbedömning som baseras på Uppsala kommuns förslag till detaljplan undantaget Galdermas verksamhetsområde. En mer fördjupad riskbedömning har utförts för fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 (Ramböll, 2018), vilken också utgör ett underlag för bedömning av risker i andra delar av planområdet med liknande förutsättningar.

Utifrån de resultat och bedömningar från tidigare utförda miljötekniska undersökningar i främst Librobäcksdeponin och i några andra delar av planområdet samt utifrån den i avsnitt 3.1 och 3.2 antagna omfattningen av föroreningsförekomst i de delar där det saknas underlag från undersökningar, bedöms föreningsnivån vara hög – mycket hög framför allt med avseende på metaller, men även med avseende på organiska föroreningar – alifater, aromater och PAH:er. Enligt MIFO-metodikens bedömningsgrunder bedöms den totala föroreningsmängden inom den del av Börjetulls planområde där det planeras för bostäder som mycket stor.

Merparten av föroreningarna utanför deponiområdet förekommer ytligt, vilket ökar risken för exponering främst genom direktkontakt och intag av jord, särskilt i delar av området som inte är hårdgjorda. Där finns även en större risk för spridning och exponering av föroreningar via damning. I de områden som är täckta av asfalt är risken lägre för en direkt exponering av föroreningar i markytan.

Spridningsförutsättningarna för föroreningar i det ytliga grund-/markvattnet och till ytvatten (Librobäcken och Fyrisån) bedöms vara mycket stora, främst från Librobäcksdeponin, via ledningsgravar i området samt även från eventuella markföroreningar i anslutning till Librobäcken och Fyrisån. Spridning till djupt grundvatten bedöms vara mycket liten eller obetydlig framför allt på grund av det mäktiga lerlager som åtskiljer förorenade fyllnads- och deponimassor från det underliggande grundvattenmagasinet i Uppsalaåsen.

Vidare finns risk för spridning av flyktiga föroreningar såsom alifatiska och aromatiska kolväten, PAH och klorerade alifater in i kommande byggnader inom Börjetulls planområde. Föroreningsspridning via damning bedöms dock vara begränsad liksom spridning genom upptag av växter, som är begränsad till främst grönområden.

Librobäcksdeponin har riskklassats till riskklass 1 enligt MIFO fas 1, vilket betyder att riskerna bedöms kunna vara mycket stora och att det är mycket angeläget med fortsatta undersökningar (Geosigma, 2016). Vidare har både Bjerking och Ramböll bedömt att det finns ett behov av att utföra efterbehandlingsåtgärder av deponin (Bjerking, 2015 och Ramböll, 2018b).

Riskbedömningen av fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3, visade att påträffade föroreningar inom denna del av Börjetulls planområde bedömdes kunna innebära oacceptabla risker med avseende på människors hälsa och miljö om området omvandlas till bostäder (Ramböll, 2018b). Föroreningar som påträffades i deponin inom fastigheten bedöms kunna innebära att det föreligger oacceptabla risker med avseende på hälsa, markmiljön och spridning till ytvatten med planerad markanvändning. Även i fyllnadsmassorna i den norra delen av fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 bedömdes förekommande markföroreningar i den översta halvmeteren av fyllnadsmaterialet, att det kunde föreligga oacceptabla risker med avseende på hälsa, markmiljö samt spridning till ytvatten. Det bedömdes även kunna föreligga risker för akutttoxiska effekter med avseende på förekomsten av arsenik. Därtill finns det i fastighetens östra del indikationer på att det kan finnas en förorening under eller i anslutning till en mindre byggnad, som skulle kunna innebära oacceptabla risker med avseende på hälsa, spridning och/eller markmiljö.

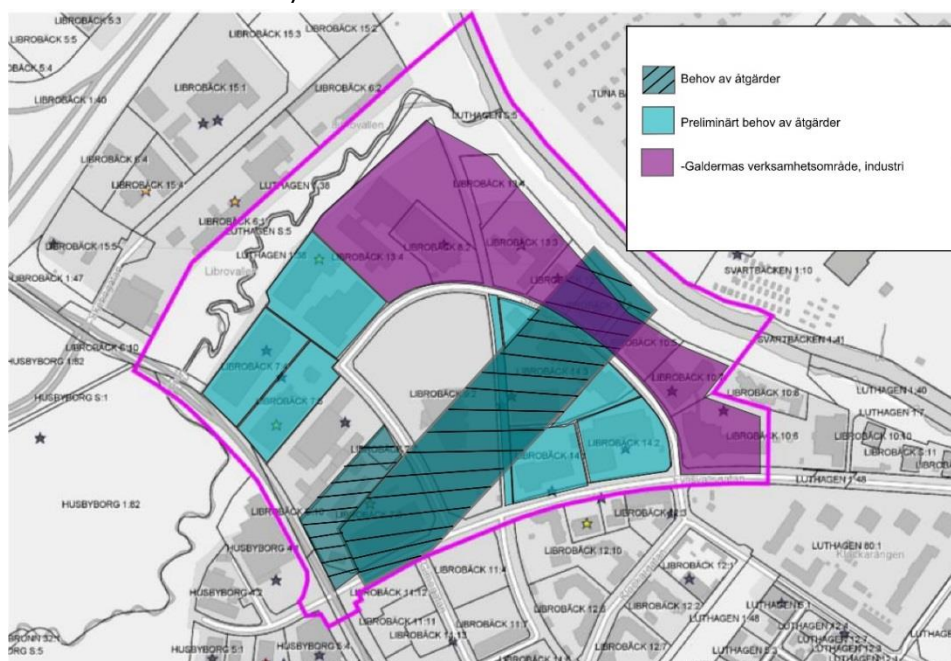
Sammantaget bedöms det, om markanvändningen ändras till vad som anges i Uppsala kommuns förslag till detaljplan för Börjetull, föreligga eller kunna föreligga risker för negativa miljö- och hälsoeffekter inom stora delar av området, främst inom deponiområdet. I det fall att det förekommer föroreningar i de nordvästra delarna av området (där det bland annat bedrivits plantskola och tryckeri) liksom i de sydöstra delarna (där det bedrivits ett flertal verksamheter såsom bilverkstad, verkstadsindustri och tryckeri) samt längs Librobäcken och Fyrisån där det planeras för grönområde, kan även dessa innebära risker för negativa miljö- och hälsoeffekter.

Uppmätta föroreningshalter av metaller, alifater, aromater och PAH i deponin/lertäktsområdet överskrider även Naturvårdsverkets generella riktvärde för mindre känslig markanvändning, MKM (Bjerking, 2015 och Ramböll, 2017). Det förekommer även halter över Avfall Sveriges rekommenderade haltgräns för farligt avfall (FA). Som angetts ovan föreligger det också risker för akuttoxiska effekter med avseende på förekomsten av arsenik. Det betyder att det även bedöms föreligga oacceptabla risker med avseende på hälsa, spridning och markmiljö med den markanvändning som råder i dagsläget.

3.7

Bedömning av riskreducering och åtgärdsbehov

Utgående från den översiktliga riskbedömningen ovan samt den riskbedömning som tidigare utförts för fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 (Ramböll, 2018) samt Bjerking utredning avseende Librobäcksdeponin, bedöms det finnas ett behov av att reducera riskerna för människors hälsa och för miljö i delar av Börjetulls planområde. Sammantaget bedöms det finnas ett behov av att utföra efterbehandlingsåtgärder i Librobäcksdeponin och utanför deponiområdet inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3, främst i den norra delen, se figur 10. Det bedöms även kunna finnas ett åtgärdsbehov på fastigheterna Librobäck 7:4, 7:5 samt 13:4 i den nordvästra delen av planområdet och på fastigheterna Librobäck 14:1, 14:2 och 14:3 i den nordöstra delen. Därtill är det inte uteslutet att det även kan finnas ett åtgärdsbehov i någon del av det planerade grönområdet längs Librobäcken och Fyrisån.



Figur 10. Områden inom Börjetulls planområde där det bedöms föreligga åtgärdsbehov (streckat blågrönfärgat område) samt där det bedöms kunna finnas ett åtgärdsbehov (blågrönfärgat område). Det är inte uteslutet att det även kan föreligga åtgärdsbehov av föroreningar i delar av det planerade grönområdet längs Librobäcken och Fyrisån.

4. Möjliga åtgärdsalternativ

Vid efterbehandling av förorenad mark kan olika metoder väljas för att minska risken för exponering och spridning av föroreningar. Ramböll har tagit fram en åtgärdsutredning för fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 inom Börjetulls planområde (Ramböll, 2018b). Fastigheterna 7:2 och 7:3 innefattar föroreningsproblematik med deponimassor samt ytligare metall- och oljeföroreningar utanför deponiområdet. Därför bedöms de åtgärdsalternativ som det redogörs för i den åtgärdsutredningen kunna vara aktuella även för hela planområdet. Åtgärdsutredningen för Librobäck 7:2 och 7:3 omfattar även förslag på mätbara åtgärds mål samt redovisning av Miljöförvaltningen i Uppsala kommuns bedömning gällande användandet av framtagna platsspecifika riktvärden (PSRV) för Börjetulls planområde (Uppsala kommun, 2016). För mer uppgifter kring detta, hänvisas det till den åtgärdsutredningen (Ramböll, 2018b).

Aspekter som bör vara vägledande vid val av efterbehandlingsåtgärder är enligt Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 2009):

- Efterbehandlingsåtgärder bör reducera miljö- och hälsoriskerna så långt det är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt
- Åtgärder bör vara av engångskaraktär
- Efterbehandlingsåtgärder bör utföras så att den planerade framtida markanvändningen begränsas så lite som möjligt
- Kvarlämnas förorening i fast fas bör skyddsåtgärder eftersträvas som reducerar riskerna i motsvarande mån eller som har motsvarande skyddseffekt som om massorna hade omhändertagits på deponi

Efterbehandlingsmetoder för förorenad mark brukar delas in i tre huvudgrupper:

- Koncentrationsmetoder: Omfördelar föroreningar till mindre volymer med högre koncentrationer
- Destruktionsmetoder: Organiska föroreningar omvandlas till annan förening
- Stabiliseringsmetoder: Exponering och spridning av förorening minskar

I tabell 5 finns en sammanställning av identifierade åtgärds metoder som kan komma att vara aktuella vid efterbehandlingsåtgärder inom Börjetulls planområde. Av tabellen framgår även inom vilka delar av planområdet respektive åtgärds metod bedöms kunna vara lämplig. Nedan följer också en översiktlig sammanställning av de möjliga åtgärds metoderna indelade i de tre huvudgrupper som nämns ovan. För att åtgärda samtliga förorenade fastigheter inom Börjetulls planområde kan det bli aktuellt att använda en kombination av flera olika åtgärds metoder.

Tabell 5. Identifierade åtgärdsmetoder och deras möjliga användningsområden inom Börjetulls planområde.

Åtgärdsmetod	Möjligt användningsområde
Koncentrationsmetoder	
Mekanisk sortering	Hela planområdet
Jordtvätt	Fyllnadsmaterial utanför deponiområdet
Landfill mining	Deponiområdet
Termisk desorption	Nordvästra delen av planområdet (f.d. handelsträdgården)
Destruktionsmetoder	
Förbränning	Deponiområdet
Fytoremediering	Fyllnadsmaterial utanför deponiområdet
Biologisk nedbrytning	Fyllnadsmaterial utanför deponiområdet
Immobiliseringsmetoder	
Schakt och deponering	Hela planområdet
Inneslutning	Deponiområdet
Stabilisering och solidifiering	Deponiområdet

4.1 Koncentrationsmetoder

4.1.1 Mekanisk sortering av jordmassor

Samtliga sorteringsmetoder syftar generellt till att separera finkorniga jordmassor från mer grovkorniga jordmassor. Föroreningarna koncentreras i den finkorniga fraktionen som behöver hanteras i ytterligare ett steg, till exempel avlämnas för omhändertagande på deponi. De utsorterade grövre fraktionerna kan återanvändas till fyllning, eller hanteras i enlighet med lägre föroreningsgrad.

Sortering kan generellt delas in i torra och våta metoder. Den enklaste formen av torrsiktning är harpning, men torrsiktning avser ofta sortering med hjälp av skak-, trum- eller stjärnsikt. Inför behandling genom torrsiktning behöver gränsen i kornstorlek bestämmas för den finkorniga fraktionen. En låg gräns ger en mindre mängd finkorniga förorenade massor, dock ökar risken för inslag av finkorniga massor i de grövre fraktionerna. De nämnda metoderna för torrsiktning kan ge en typisk gräns för i kornstorlek på 20 – 40 mm med ett inslag av 2 – 10 % finkorniga massor i de grövre fraktionerna.

Sortering är generellt mest lämpligt för jordmassor med låg andel finmaterial, det vill säga inte för jordmassor med silt eller lera. Vilket gör det till en intressant åtgärd för fyllningsmassor ovan leran inom området.

Inom aktuellt område för f.d. deponi tyder resultatet från undersökningar på att materialet vid större djup kan vara mycket heterogent. Det kan förväntas att skrot som metallrester och byggnadsavfall, tegel, plåt och andra byggnadsrester tillsammans med sopor förekommer blandat med jordmaterial i olika fraktioner. Resultatet från en sanering i området (Bjering, 2016) som berörde en del av den f.d. deponin visade att det var svårt att separera materialet enligt fraktioner eller andra egenskaper då materialet visade på stor heterogenitet.

4.1.2

Jordtvätt

Jordtvätt kan generellt delas in i två metoder, kemisk extraktion och mekanisk separering. En jordtvätt kan bestå av en enskild metod eller båda kombinerade.

Mekanisk separering innebär att jorden separeras efter önskade egenskaper, till exempel storlek, densitet, magnetiska egenskaper eller liknande. Metoden bygger på antagandet att föroreningen är fastlagd i en viss fraktion. De fraktioner som anses vara rena återanvänds direkt som fyllnadsmaterial medan resterande jord läggs på deponi eller genomgår annan efterbehandling vid godkänd mottagningsanläggning.

Vid kemisk extraktion tvättas jorden i ett medium med kemiska egenskaper som lakar ur föroreningar. Mediet är ofta vatten med tillsatser eller en kemisk lösning med önskade egenskaper. Efter behandlingen erhålls, utöver den renade jordmassan, ett slam eller så kallat föroreningskoncentrat som avvattnas och sedan deponeras eller vidarebehandlas. Resultatet av kemisk extraktion är bland annat beroende av jordens textur, buffertkapacitet och halt organiskt material.

Normalt krävs detaljerad kännedom om jorden och föroreningarnas egenskaper såsom föroreningsmängd, koncentration och föroreningssammansättning, kemiska former av ämnen, fördelning av förorening mellan kornstorleksfördelning, lakningsegenskaper, förekomst av avfall, skrot m.m. innan jordtvätt övervägs som åtgärds metod.

4.1.3

Landfill mining (LFM)

Att gräva upp och återvinna material från deponier har en stor ekonomisk och miljömässig potential och de senaste åren har så kallad landfill mining (LFM) i syfte att återvinna material från deponier fått ökad uppmärksamhet. När det gäller metaller har mängden deponerade metaller i svenska deponier uppskattats motsvara fem års metallförbrukning till ett värde av 50-75 miljarder kronor. Om de brännbara fraktionerna från deponier helt kunde tillföras svenska kraftvärmeverk bedöms deponierna ha ett energiinnehåll som motsvarar 260-350 TWh värme och 30-40 TWh elenergi.

Landfill mining utgår från mekanisk sortering av det uppgrävda materialet i olika steg. Vilka materialtyper som kan sorteras ut avgörs utifrån deponins sammansättning, men typiskt kan följande materialtyper vara möjliga att sortera ut: brännbart material, plast, metall (järnhaltig metall, koppar, aluminium), inert material (tegel, glas, betong), farligt avfall, finjord samt grövre block och stenar.

I ett LFM-projekt ingår många olika variabler som påverkar de ekonomiska förutsättningarna. Deponins djup och dess förhållande mellan jord och avfall ses ofta som de två enskilt viktigaste faktorerna. Djupet påverkar kostnaden för utgrävningar medan förhållandet jord/avfall påverkar behovet av återdeponering och transporter. Hur stor andel som utgörs av jordfraktion påverkar även indirekt, mängden tillgängligt material för återvinning och därmed möjligheten till intäkter.

Att förutspå en deponis materialsammansättning på förhand är svårt och tidigare studier har visat att det finns stora osäkerheter förknippade med LFM. Med andra ord är det svårt att uppskatta en deponis innehåll utifrån ett standardiserat fall. Vidare är kvaliteten på materialet avgörande för hur mycket som går att separera ut.

Det har antagits att hanteringen av deponimassorna kommer att medföra dyra deponikostnader i form av omhändertagande av förorenat material. Om gynnsamma förutsättningar förekommer, kan utnyttjandet av LFM istället innebära att detta material skulle kunna utgöra en resurs för projektet genom möjligheten att återvinna materialet, t ex metallskrot. LFM kan vara en intressant metod för hantering av deponimassorna och kan till exempel kombineras med förbränning.

4.1.4 **Termisk desorption**

En termisk desorption innebär att de förorenade massorna placeras i en cylinderformad vanligtvis roterande ugn. Uppvärmning av massorna sker sedan direkt eller indirekt. Värmen medför att de organiska föreningarna förångas och därmed avdrivs från materialet. Avdrivningen sker oftast i temperaturintervallet 100 - 800 grader Celsius. Avdrivna kolväten kan sedan antingen samlas upp i ett filter (t.ex. aktivt kolfilter) eller destrueras i en efterförbränningskammare. I det senare fallet är skillnaden från en termisk destruktion minimal.

Metoden är tillämpbar på framförallt organiska ämnen men även på volatila oorganiska ämnen. Metoden är intressant för att hantera jordmassor som är förorenade av bekämpningsmedel och skulle därför kunna bli aktuellt för området vid den tidigare handelsträdgården om det förekommer föreningar med klorerade organiska pesticider.

4.2 **Destruktionsmetoder**

4.2.1 **Förbränning**

Förbränning sker vid en hög temperatur (vanligtvis mer än 1200°C) och vid närvaro av syre varvid organiska föreningar omvandlas till oorganiska restprodukter. Metoden är en etablerad teknik för behandling av främst organiska föreningar, exempelvis dioxiner. De flesta metallerna hamnar i askan som i sin tur måste tas omhand genom exempelvis deponering. Vissa lättflyktiga metaller som kvicksilver och i viss mån arsenik förångas och kan avskiljas från rökgaserna. Förbränning lämpar sig för alla typer av jordar men en stor nackdel är att den är dyr.

Förbränning kan antingen ske antingen med en mobil ugn som etableras i närheten av schaktområdet eller genom att massorna transporteras till ett värmekraftverk som har tillstånd att förbränna förorenade massor.

Förbränning är ett intressant alternativ vid hantering av massor med hög halt organiskt material (TOC). Om massorna har hög halt TOC kan det medföra att

deponering inte är möjligt, då det kan resultera i att det bildas deponigas. Detta regleras i Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2004:10).

Förbränning bedöms vara särskilt intressant för omhändertagande av deponimassor från Librobäcksdeponin, då relativt höga halter av TOC har uppmätts vid provtagning samt att det förekommer visst innehåll av trärester, olja och annat brännbart avfall som kan ha ett visst värmevärde vid förbränningen. TOC-halterna för provtagna deponimassor varierar mycket men är generellt mellan 0 och 3 %, men så höga halter som 11 % har uppmätts.

4.2.2

Fytoremediering (fytosanering) - fytoextraktion

Fytoremediering (fytosanering) är en in situ-behandlingsmetod där man använder växter för extraktion eller stabilisering/fixering av föroreningar. Det finns flera olika tekniker som tillämpas under samlingsnamnet fytoremediering. Teknikerna går sammantaget ut på att extrahera, binda eller bryta ned föroreningar i jord, grundvatten, ytvatten eller andra förorenade media. Metoden fungerar bäst när föroreningshalterna är måttliga och ytligt lokaliserade i jord- och/eller grundvatten, vilket kan vara fallet för fastigheterna i den nordvästra delen av Börjetulls planområde, där föroreningar endast bedöms kunna förekomma i den översta metern i marken. Metoden är dock fortfarande en relativt obeprövad behandlingsteknik, men är jämfört med andra metoder vanligen mindre kostsam.

Fytoremediering innefattar flera olika reningsprocesser varav de vanligast förekommande är fytoextraktion och fytostabilisering (Åtgärdsportalen, 2018). I detta fall är det fytoextraktion som skulle kunna vara aktuellt på delar av området, främst av ytliga föroreningar i fyllnadsmassorna utanför Librobäcksdeponin. Detta innebär att föroreningen extraheras ur jorden via växtens rotsystem. Föroreningen transporteras därefter till växtens ovanjordsdel där den ackumuleras eller långsamt bryts ned i biomassan. I de fall föroreningen utgörs av metaller eller svårnedbrytbara organiska ämnen måste växterna med jämna mellanrum skördas. Biomassan kan därefter vidarebehandlas genom förbränning. Då föroreningen utgörs av metaller eller andra oorganiska ämnen måste förbränningsresten (askan) omhändertas på lämpligt sätt, t.ex. genom deponering på deponi.

En saneringsmetod som skulle kunna vara aktuell för fyllnadsmassorna utanför Librobäcksdeponin är fytoremediering med salix. Salix består av en rad olika arter såsom sälg, pil och vide och används som energigröda i Sverige. Den har hög tillväxt och är tålig vilket gör att den kan växa där andra grödor inte kan växa. Salix har en överlägset stor vattenkonsumtion och är tålig för högre halter av föroreningar än många andra grödor, samtidigt som den kan ta upp tungmetaller från marken och stimulera nedbrytning av organiska föroreningar. Då metallerna som extraheras till stor del stannar i rotsystemet så behöver detta avlägsnas när saneringen bedöms vara klar (SLU och Ramböll, 2015).

Behandlingstiderna vid fytoextraktion är i regel långa och kan behöva pågå under flera växtsäsonger, vilket innebär att markområdet under saneringsentreprenaden inte kan användas för andra ändamål under en längre tid (Åtgärdsportalen, 2018). Vanligtvis skördas salix ca 4 år efter plantering och en odling kan man ha i 20-25 år innan man måste sätta nya sticklingar. En förutsättning för att metoden skulle kunna vara aktuell inom någon del av Börjetulls planområde, är att det området eller fastigheten inte kommer användas för något annat ändamål eller att etablering av bostäder inte kommer påbörjas inom de närmaste åren.

Generellt behövs periodiskt återkommande kontroll av föroreningshalterna i jorden för att verifiera behandlingens effektivitet. Dessutom kan det vara lämpligt att föroreningsupptaget i växterna undersöks genom provtagning och analys av biomassa.

4.3 Immobiliseringsmetoder

4.3.1 Urschaktning av förorenade massor och deponering

Schakt sker genom selektiv urschaktning. Metoden medför att en första separation mellan olika typer av massor kan genomföras direkt i schakt. Alla massor som är tekniskt användbara och uppfyller gällande riktvärden återanvänds inom efterbehandlingsområdet. De massor som inte uppfyller gällande riktvärden transporteras till godkänd mottagningsanläggning för deponering.

Deponering är en kontrollerad metod för omhändertagande av förorenade massor. Processen innebär att materialet inkapslas av en barriär vilket hindrar syre- och vattentillförsel. Det förorenade materialet läggs på en bottentätning och ett dräneringsskikt. Över detta läggs sedan ett till dränerande lager och slutligen täcks deponin med ett tätskikt samt ett skyddsskikt. Tätskiktets funktion är att hindra infiltration av nederbörd och syreintrång. Skyddsskiktet ska förhindra frost- och rotpenetration samt erosion. Det vatten som dräneras leds till en damm där det tas omhand. För att veta vilket material som behövs läggas på deponi krävs god kännedom om föroreningshalten i jorden. Detta är en vanligt förekommande metod som kan användas inom hela området. Dock medför metoden stora mängder transporter, vilket också innebär miljöpåverkan.

4.3.2 Inneslutning

Inneslutning är en enklare form av solidifiering. Metoden innebär att jordförorening helt eller delvis inkapslas med täta/lågpermeabla barriärmaterial, varvid utlakningen och spridningen av föroreningsämnen från jordföroreningen till omgivande mark- och vattenområden minskar eller helt upphör. En vertikal barriär kan anläggas i form av en spont eller en slitsmur/slurrybarriär. Syftet är att avlänka grundvattenflödet samt minska utlakningen och spridningen av föroreningar till omgivande grund- och ytvatten. En horisontell barriär anläggs som "ett lock" ovanpå jordföroreningen för att reducera infiltrationen av nederbörd.

Alternativet skulle kunna vara aktuellt för deponiområdet och skulle kunna innebära att ingen urschaktning och transport av förorenade massor annat än att det som är nödvändigt för anläggningsarbeten utförs.

Återanvändning av geotekniskt lämpliga jordmassor som klarar de mätbara åtgärdsmålen kan ske. Kvarlämnat underliggande deponimaterial innesluts för att motverka exponering och spridning av föroreningar som lämnas kvar på platsen. Vid inneslutning krävs utredning och åtgärder för att utesluta bildning av deponigas efter åtgärden.

4.3.3 **Stabilisering och solidifiering**

Med stabilisering menas generellt en kemisk process där ett additiv (eller en blandning av additiv) reagerar med den förorenade jorden/avfallet. Reaktionens syfte är att föroreningarna ska bli mindre mobila/lakningsbara än vad som ursprungligen var fallet. I vissa fall kan även föroreningarnas toxicitet reduceras till följd av att nya kemiska bindningar uppstår i det förorenade materialet. Med solidifiering avses en process varvid materialet inkapslas eller omvandlas till en solid/sluten struktur med låg lakningsbenägenhet.

Förbudet mot att deponera organiskt avfall och ökad konkurrens från olika biologiska och termiska behandlingsmetoder avseende kolväteförorenade jordar innebär att stabilisering/solidifiering är en process som nästan uteslutande används för oorganiskt förorenade jordar/avfall.

Metoden är tillämpbar framförallt på oorganiska ämnen och kan vara en aktuell åtgärd i kombination med till exempel inneslutning. Metoden skulle här främst vara tillämpbar för hantering av deponimassorna.

5. **Genomförandeplan av efterbehandlingsåtgärder inom planområdet Börjetull**

Fastighetsägarna och exploatörerna för Börjetull har kommit överens om att se över möjligheten att samverka kring åtgärder inom planområdet som helhet. På uppdrag av byggherrarna har Ramböll därför upprättat ett förslag till genomförandeplan gällande detta arbete (Ramböll, 2017b). Slutsatserna från denna sammanfattas nedan. Förslaget är dock under omarbetning då förutsättningarna förändrats något.

Aspekter att hantera vid sanering av ett område som har en utbredning över flera fastigheter:

- Samordningsfrågor mellan fastighetsägare vad gäller risker för spridning av föroreningar mellan fastigheter.

- Samordning av tillstånd för saneringsåtgärder inom de berörda fastigheterna hos miljömyndigheten.
- Transporter och kontakt med mottagningsanläggningar för förorenade massor.
- Samordningsfrågor avseende transporter och logistik till pågående verksamhet i området i samband med saneringar och gatuavstängningar.
- Samordning med ledningsägare inom området.
- Hälsorisker för boende i området och närområdet i samband med hantering av förorenade massor.

Åtgärder för att uppnå samordningsvinster vid en gemensam hantering av sanering inom området:

- Sanering av området, upphandling av entreprenad och mottagningsanläggning för förorenade massor, framdrift, konsultorganisation, gemensamma sorterings- och upplagsytor för förorenade massor.
- Samverka i turordning av utbyggnad och ombyggnad av gatunät i området, för att bl.a. säkra och möjliggöra transporter till och från befintlig verksamhet i området samt de fastighetsprojekt som ska förverkligas inom området.
- Sanering och iordningställande av Fyrisvallsgatan, om det beslutas att det ska göras, i samordning med övrig verksamhet i området.

Sammanfattande slutsatser av genomförandeplan för efterbehandlingsåtgärd:

- Det bedöms vara strategiskt viktigt att sanera den f.d. deponin i en samlad upphandling av entreprenör för att uppnå kontinuerlig, säker och kostnadseffektiv framdrift.
- För att möjliggöra exploatörernas önskemål om produktionsstart, driver man saneringen i 2 st. fronter, en från väster och en från öster. Detta förkortar den totala saneringstiden.
- En nyckelfunktion för området är att man skapar tillträde till området genom förbindelsen av Seminariegatan ut till Börjegatan. Detta skapar säkerhet i verksamheten för Galderma som är beroende av transporter, samt en kortare förbindelse till Bärbyleden för byggtrafik. Detta ger också möjlighet att sanera och bygga om Fyrisvallsgatan utan alltför stora störningar i befintligt trafikflöde.

- Sanering av planerad parkmarks södra delar utförs efter att all övrig sanering är utförd för att kunna utnyttja den ytan för sortering och hantering av massor.
- Om beslut fattas att Fyrisvallsgatan ska saneras borde den lämpligen saneras efter att länken mot Börjegatan är färdigställd och i anslutning till eller samtidigt med sanering av Librobäck 7:3, för att bl.a. minska risken av spridning av föroreningar från gatan in i det nysanerade området 7:3.
- Om sanering av Fyrisvallsgatan inte genomförs eller senareläggs, kommer det behövas, långsiktiga, täta och säkra lösningar i mark för att förhindra föroreningsspridning från kvarlämnade deponimassor under gatan. Andra fördelar med att ta med saneringen av Fyrisvallsgatan om den ska utföras i det här skedet är att slippa störningar för byggtrafik och i ett senare skede då byggtakten i området ökar.
- Att genomföra saneringen av Fyrisvallsgatan i ett tidigt skede ger större möjligheter att stänga av gatan helt och leda trafiken via Seminariegatan med tanke på att aktiviteterna med sanering och exploatering av området inte har tagit riktig fart i det skedet.

6. Risker och möjliga skyddsåtgärder vid genomförande av efterbehandlingsåtgärder

Nedan ges en kort beskrivning av de risker som bedöms vara mest betydande, samt de skyddsåtgärder som är möjliga att vidta i samband med efterbehandlingsåtgärder av f.d. Librobäcksdeponin samt övrig förorenad mark till följd av andra verksamheter (MIFO-objekt) inom planområdet. De risker med planerade efterbehandlingsåtgärder som belyses här, är risker för negativ påverkan på miljön eller människors hälsa, som skulle kunna inverka på detaljplanens genomförande.

Vilket behov av skyddsåtgärder som finns för att genomföra efterbehandlingsåtgärder med godtagbar risk för miljön och människors hälsa kommer att hanteras vid anmälan om efterbehandlingsåtgärder enligt 28 § förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd.

6.1 Bedömning av risker för exponering av föroreningar samt föroreningsspridning

I avsnitt 3 ges en sammanfattning av föroreningssituationen i lertakten/f.d. deponin. För en mer ingående beskrivning hänvisas till främst Bjerking, 2015 och Ramböll, 2017. Vidare ges en beskrivning av konstaterad samt misstänkt förekomst av föroreningar inom den del av planområdet utanför deponiområdet där det planeras för att byggas bostäder.

Det har konstaterats att det både med nuvarande markanvändning och vid omvandling av Börjetulls planområde i enlighet med föreslagen detaljplan, finns risker för människors hälsa och miljön, se avsnitt 3.6 ovan.

Nedan redogörs det för risker för exponering av föroreningar samt föroreningsspridning vid ett genomförandeskede av en sanering av Börjetulls planområde där det planeras för bostäder. Vidare anges skyddsåtgärder som är möjliga att vidta för att minska dessa risker. Fokus ligger på risker vid bortschaktning av förorenade massor samt masshantering.

6.1.1 **Risk för exponering av föroreningar**

Inom varje fastighet kommer sanering av föroreningar utföras innan boende finns på fastigheten. Människor som kan exponeras för föroreningar under genomförande av efterbehandlingsåtgärder är därmed närboende, besökande och yrkesarbetande inom närområdet samt yrkesarbetare som arbetar med utförandet av saneringsarbetet.

För dessa grupper finns risk för exponering av föroreningar genom följande exponeringsvägar:

- ❖ Hudkontakt med förorenade massor
- ❖ Oralt intag
- ❖ Kontakt med damm via hud och slemhinnor
- ❖ Inandning av damm
- ❖ Inandning av ångor
- ❖ Upptag av ångor via hud och slemhinnor

Risk för exponering av föroreningar bedöms framför allt föreligga i samband med schakt av förorenade massor, men även vid transport samt annan hantering av förorenade massor såsom tillfälliga upplag.

6.1.2 **Risk för spridning av föroreningar i mark- och grundvatten**

6.1.2.1 *Librobäcksdeponin*

Uppskattningsvis finns det ca 33 000 m³ förorenat ytligt grund-/markvatten i lertäkten, se avsnitt 3.4.2. (Fortsättningsvis benämns detta vatten för deponivatten i detta avsnitt). Deponivattnet strömmar i riktning mot Fyrisån. Det bedöms därmed pågå en spridning av föroreningar i samma riktning som deponivattnets strömningsriktning. Föroreningsspridning från deponin bedöms ske genom att det förorenade deponivattnet dräneras bort från deponin via ledningsgravar eller på annat sätt, t ex dränerande täckdiken. Se avsnitt 3.4 för beskrivning av den föroreningsspridning som bedöms pågå idag.

Under 2016 utfördes en provtagning av deponivattnet i deponins sydvästra del på fastigheten Librobäck 7:3 (Ramböll, 2017). Vid en jämförelse med Uppsala kommuns riktvärde för länshållningsvatten, understeg uppmätta halter av metaller, PAH och bensen riktvärdena, se tabell 6 nedan. Provet på deponivattnet

filtrerades, och det visar att finns förutsättningar att genom sedimentering och eventuellt filtrering av länshållningsvatten, uppnå uppsatta riktvärden.

Tabell 6. Uppmätta halter i deponivatten (ytligt grund-/markvatten) i deponins sydvästra del på fastigheten Librobäck 7:3 i jämförelse med Uppsala kommuns riktvärde för länshållningsvatten.

Ämne	Enhet	Riktvärde	
		LIB1508	länshållningsvatten
Arsenik (As)	µg/l	0,29	15
Bly (Pb)	µg/l	< 0,050	15
Koppar (Cu)	µg/l	1	40
Zink (Zn)	µg/l	27	30
Kadmium (Cd)	µg/l	< 0,020	0,5
Krom (Cr)	µg/l	< 0,20	25
Nickel (Ni)	µg/l	1,5	30
Kvicksilver (Hg)	µg/l	< 0,10	0,1
PAH sammanlagt	µg/l	<3,0	3
Bensen	µg/l	2,1	10

Geosigma har i samband med inventering av deponin enligt MIFO fas 1 gjort bedömningen att det föreligger risk för spridning via markvattnet i ledningsgravar och att risken för spridning av föroreningar ökar vid schaktning i och med att jorden rörs om, friläggs och transportvägar skapas.

Under schaktarbetet bedöms även mängden vatten som tillförs deponin kunna öka genom att tidigare "tätande lager" ovanpå deponin såsom byggnader och asfaltsytor avlägsnas. Detta ger en större infiltration av vatten från nederbörd genom deponimassorna, som kan ge en temporär ökad mängd förorenat markvatten. I takt med att deponimassorna schaktas bort, kommer dock mängden förorenat markvatten på grund av infiltrerande nederbörd att minska.

Genom att det finns ett flera meter mäktigt tätt lerlager (upp till ca 13 meter) bedöms efterbehandlingsåtgärden inte innebära några ökade risker för spridning av föroreningar till Uppsalaåsens grundvattenmagasin.

6.1.2.2 Områden utanför Librobäcksdeponin

Vid de miljötekniska undersökningar som utförts utanför deponiområdet i de delar av planområdet där det planeras för bostäder, har fyllnadsmassornas mäktighet uppgått till som mest 1 meter. I och med att det inte påträffades något ytligt grundvatten/markvatten i dessa delar, bedöms risken för en ökad föroreningsspridning vara begränsad. Vid större nederbördsmängder i samband med schaktarbete, kan det dock uppkomma ett ytligt grundvatten/markvatten med en ökad föroreningsspridning som följd. Precis som vid schakt i deponin, bedöms också mängden vatten som tillförs de förorenade massorna kunna öka genom att tidigare "tätande lager" ovanpå förorenade fyllnadsmassor avlägsnats,

vilket kan generera en större mängd förorenat ytligt grundvatten/markvatten. På motsvarande sätt som vid deponi, kommer dock mängden förorenat ytligt grundvatten/markvatten på grund av infiltrerande nederbörd att minska efterhand som förorenade massor schaktats bort. I det fall det blir aktuellt med en insitu-sanering, som t ex fyto Remediering med salix, bedöms förorenings-spridning med ytligt grundvatten/markvatten minska under själva åtgärdens genomförande, i och med att salixen tar upp vatten i marken.

Även tillfälliga upplag av förorenade massor eller massor som ska återanvändas i anslutning till schaktområdet kan vid större nederbördsmängder orsaka en ökad spridning av föroreningar genom ytavrinning och med ytligt grund-/markvatten.

Genom att det finns ett flera meter mäktigt tätt lerlager (upp till ca 17 meter) under de förorenade fyllnadsmassorna bedöms det inte innebära några ökade risker för spridning av föroreningar till Uppsalaåsens grundvattenmagasin under efterbehandlingsåtgärdens genomförande.

6.1.3

Risk för spridning av föroreningar genom damning

I samband med schaktarbete friläggs förorenade deponi- och jordmassor. En del förorenade massor eller massor som ska återanvändas, kan även komma att läggas upp i tillfälliga massupplag i anslutning till saneringsområdet. Det finns därmed en ökad risk för att föroreningar kan spridas genom damning till närliggande markområden utanför saneringsområdet, men även till Librobäcken och Fyrisån.

6.2

Möjliga skyddsåtgärder vid genomförande av efterbehandlingsåtgärder

Som angetts i avsnitt 2.1, kommer bortschaktning och hantering av förorenade massor inklusive eventuellt tillfälligt mellanlagrade massor samt återfyllnad av schaktgropar på respektive fastighet, att utföras innan boende finns på fastigheten. I tabell 7 redovisas möjliga skyddsåtgärder som kan vidtas under genomförande av efterbehandlingsåtgärder inom Börjetulls planområde för att minska risker med exponering av föroreningar. I tabell 8 nedan redovisas möjliga skyddsåtgärder som kan vidtas för att minska risker med förorenings-spridning.

Under genomförandet av efterbehandlingsåtgärderna kommer kontroll av dessa att ske utifrån miljöbalkens krav. Ett miljökontrollprogram kommer att upprättas i vilket det beskrivs hur miljökontrollen kommer att ske under efterbehandlingsåtgärden. Kontrollprogrammets omfattning hanteras inom ramen för kommande anmälningar om efterbehandlingsåtgärder enligt 28 § förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. Bland annat kommer följande aktiviteter ingå i kontrollprogrammet:

- Plan för provtagning av återanvändningsbara massor
- Kontroll av deponi- och länshållningsvatten
- Kontroll av utsläpp till ytvatten
- Kontroll av jord i schaktbotten- och schaktväggar
- Förslag på riktvärden

Vidare kommer det i kommande anmälningar om efterbehandlingsåtgärder redogöras mer ingående för de skyddsåtgärder, som redovisas i detta avsnitt.

Tabell 7. Möjliga skyddsåtgärder som kan vidtas under genomförande av efterbehandlingsåtgärder inom Börjetulls planområde för att minska risker med exponering av föroreningar.

Möjliga skyddsåtgärder - exponeringsrisk	
Exponeringsrisk	Skyddsåtgärder
Yrkesarbetare vid saneringsområdet	Användning av lämpliga arbetsmetoder och skyddsutrustning t ex heltäckt klädsel, skyddshandskar som skyddar mot att komma i kontakt med damm och jord samt dammtäta skyddsglasögon om det dammar. Manuellt arbete som ger direkt kontakt med förorenade massor undviks i möjligaste mån. God hygien hålls och det finns bra möjligheter till rengöring. Händer och ansikte tvättas innan förtäring. Förtäring, rökning och snusning förbjuds inom arbetsområdet. Stängda fönster i grävmaskinen/lastbilar. Om det dammar vid schakt använder grävmaskinisten andningsskydd med partikelfilter, om inte hytten är utrustad med friskluftintag som har samma filtertyp. Vid behov använder personal som arbetar i och runt schakt vid schakt av förorenade deponimassor andningsskydd med partikelfilter samt skydd mot ångor. Vistelse i vindriktningen undviks. Vid misstanke om såväl föroreningar i gasfas som explosiva gaser i jord används gasvarnare. Följande skyddsåtgärder kan vidtas för skydd mot ångor och syrebrist: • Gasvarnare som ger utslag för ångor av organiska föroreningar såsom olja/diesel, bensen och metangas, används av personal som finns i/vid schakten. Utöver organiska gaser mäts även syre O₂) och kolmonoxid (CO). • Om gasvarnare ger utslag för ångor av olja/diesel, bensen, CO eller låg O₂-halt, avbryts arbetet och en fördjupad riskbedömning genomförs för att finna orsak och förebygga risken vid fortsatt arbete. • Vid en låg O₂-halt bedrivs inga arbeten där den låga nivån är uppmätt. (Syrebrist kan uppstå då andra typer av gaser tränger undan syret eller förbrukar syret. Oftast är dessa gaser tyngre än luft och då blir det en ansamling vid lägre punkter. Metangas, CO och CO₂ är gaser som kan bildas i deponin och alla är tyngre än luft och tränger undan syre.)

	• Om lukt av olja/diesel eller annan obehaglig lukt noteras används andningsskydd med filter för ångor. • Gasvarnarnas funktion kontrolleras dagligen innan arbetet påbörjas. Daglig kontroll av om det finns behov av dammbekämpning utförs. Regelbunden dammbekämpning utförs där damm kan uppkomma t.ex. genom bevattning av torra ytor och genom att använda metoder som dammar mindre vid grävning och lastning. Tillfälliga upplag av förorenade massor och av massor som klarar kraven för återanvändning övertäcks. Övertäckning av last vid behov.
Närboende, besökande och yrkesarbetande i närområdet	Saneringsområdet inhägnas för att förhindra att människor kommer i direkt kontakt med förorenade massor. Daglig kontroll av om det finns behov av dammbekämpning utförs. Regelbunden dammbekämpning utförs där damm kan uppkomma t.ex. genom bevattning av torra ytor och genom att använda metoder som dammar mindre vid grävning och lastning. Tillfälliga upplag av förorenade massor och av massor som klarar kraven för återanvändning inhägnas och övertäcks. Övertäckning av last vid behov.

Tabell 8. Möjliga skyddsåtgärder som kan vidtas under genomförande av efterbehandlingsåtgärder inom Börjetulls planområde för att minska risker med föroreningsspredning.

Möjliga skyddsåtgärder – föroreningsspredning	
Spridningsrisk	Skyddsåtgärder
Spredning till ytvatten genom deponi- och länshållningsvatten	För att förhindra att deponivattnet okontrollerat strömmar mot Fyrisån kan vattnet pumpas så att strömningsriktningen byter riktning och ingen transport sker mot Fyrisån. Såväl uppumpat deponivatten som länshållningsvatten under schaktarbetet, pumpas vidare till sedimenteringscontainer och provtas av miljökontrollant. Påträffas föroreningar i vattnet som överstiger gällande riktvärden kan vattnet pumpas vidare till container där vattnet filtreras. Filtreringsmetod kan anpassas så att gällande

	riktvärden uppnås. Om föroreningshalterna trots detta inte klarar gällande riktvärden, kommer deponivattnet att behandlas eller omhändertas på annat sätt, som godkänts av tillsynsmyndigheten och Uppsala Vatten. Vid behov kan deponi- och länshållningsvatten pumpas genom en oljeavskiljare. För att minska mängden regnvatten, som kan rinna ner i schakten och kan laka ut föroreningar, vallas schaktet in så att regnvatten från omgivande asfaltsytor rinner ner i befintliga dagvattenbrunnar. Innan det kan bli aktuellt att släppa vattnet till dagvattennätet, inhämtas godkännande från tillsynsmyndigheten och Uppsala Vatten. Innan någon efterbehandlingsåtgärd påbörjas, upprättas ett miljökontrollprogram som ska vara godkänt av tillsynsmyndigheten. I kontrollprogrammet kommer hantering av deponi- och länshållningsvatten ingå med bland annat förslag på riktvärden för utsläpp av deponi- och länshållningsvatten. Dessa ska vara godkända av både tillsynsmyndigheten och Uppsala vatten. Kontroll av deponi- och länshållningsvatten före utsläpp sker därefter enligt miljökontrollprogrammet.
Spridning till ytvatten från massupplag	Tillfälliga upplag av förorenade massor och av massor som klarar kraven för återanvändning övertäcks. Förorenade massor läggs även upp på tätt underlag.
Spridning genom damning	Föroreningsspridning med vind och genom damning, kan förhindras med hjälp av dammbekämpning, såsom t ex bevattning av torra ytor. Tillfälliga upplag av förorenade massor och av massor som klarar kraven för återanvändning övertäcks. Vid behov kan även last övertäckas.
Återfyllnadsmassor	Miljökontrollant tar prover på de massor som grävts ur och är tänkta att användas för återfyllning. Återanvändningsbara massor från

	schakten ska ha lägre föroreningshalt än gällande riktvärde för ändamålet och lägre än förekommande föroreningshalter på platsen. Nya massor som kommer från annat håll än Börjetulls planområde, kommer vara rena, det vill säga föroreningsrisk ska vara mindre än ringa enligt Naturvårdsverkets handbok 2010:1.
Återkontaminering	I det fall deponin eller andra delar av området saneras vid olika tillfällen, kommer skyddsåtgärder vidtas för att förhindra återkontaminering av sanerade områden. Det kan t ex vara en tät barriär mellan sanerat och icke-sanerat förorenat område.

6.3

Sammanfattande bedömning av risker under genomförande av efterbehandlingsåtgärd

Bortschaktning och hantering av förorenade massor inklusive återfyllnad av schaktgropar inom respektive fastighet, kommer att utföras innan boende finns på fastigheten. Därigenom begränsas hälsoriskerna för människor som kommer att bo och vistas inom fastigheten.

Genom att de skyddsåtgärder som angetts i avsnitt 6.2 ovan vidtas i samband med bortschaktning och hantering av förorenade massor, kommer hälsoriskerna begränsas för de människor som arbetar inom området. Likaså bedöms risken för att människor som bor i, arbetar inom och besöker närområdet ska exponeras för föroreningar via intag av damm eller via hudkontakt att vara liten.

De skyddsåtgärder som vidtas för att minska föroreningsspridningen innebär att även miljöriskerna begränsas. I och med att deponivatten pumpas upp och behandlas, kommer till exempel mängden obehandlat deponivatten som idag tillförs Fyrisån att minska under genomförandetiden.

Sanering av förorenad mark en förutsättning för genomförandet av föreslagen detaljplan för Börjetulls planområde. Efter beaktande av föreslagna skyddsåtgärder under efterbehandlingsåtgärdernas genomförande, bedöms marksaneringen kunna genomföras utan oacceptabla risker för människors hälsa och miljön.

Därtill kan erfarenhet och kunskap från andra exploaterings-/byggnadsprojekt inom Uppsala kommun, där det varit aktuellt med efterbehandlingsåtgärder i deponiområden (till exempel deponier vid Vattenfalls kraftanläggning, GE Health Care och Gnista) bidra till att ytterligare minska riskerna vid ett genomförande av efterbehandlingsåtgärder inom Börjetulls planområde.

7. Alternativa genomföranden för grundläggning av byggnader med pålning

Ramböll har tidigare utfört en riskanalys avseende pålning genom förorenade massor (Ramböll, 2017). Under förutsättning att spetsburna pålar används, bedömdes risken för att det djupa grundvattnet i Uppsalaåsens grundvattenakvifer skulle förorenas vid pålning genom jordmassor med föroreningshalter upp till PSRV *Boende/förskola och parkmark* > 1 meter inom Librobäck 7:2 och 7:3 vara liten. Denna bedömning grundades framför allt på de geologiska förhållanden som råder med en mäktig akvitard (tätt lerlager) samt på att mängden föroreningar, som teoretiskt sett skulle kunna följa med vid neddrivning av pålar, bedömdes vara liten. Vidare gav de förutsättningar som valts för de framtagna platsspecifika riktvärdena stöd för bedömningen, däribland skyddet för grundvatten. Stöd för denna bedömning gavs även i vägledning av UK Environmental Agency och US Environmental Protection Agency samt av flera vetenskapliga rapporter.

Länsstyrelsen har ifrågasatt lämpligheten att påla genom deponimassor även om de genomgått sortering för att föroreningshalterna ska underskrida framtagna platsspecifika riktvärden (Länsstyrelsen, 2017). Nedan redogörs därför för några andra alternativa utföranden av pålning. Vilket alternativ som slutligen kommer att bli aktuellt avgörs i samband med ansökan om dispens från vattenskyddsföreskrifterna för Uppsalaåsen.

7.1 Pålning genom massor med föroreningshalter understigande MKM-riktvärdet och PSRV

7.1.1 Genomförande

I de delar av planområdet där det är aktuellt med pålning, återanvänds endast massor med föroreningshalter som understiger Naturvårdsverkets generella riktvärde för MKM, begränsat av framtagna PSRV. Pålarna slås sedan genom dessa fyllnadsmassor.

7.1.2 Risker

MKM-riktvärdena är beräknade med ett högre skydd för markmiljön än PSRV för massor på mer än en meters djup under markytan. Det är en huvudsaklig förklaring till att MKM-riktvärdet för de flesta ämnena är lägre än dessa PSRV. För arsenik, nickel, vanadin och alifater >C16-35 är de båda riktvärdena lika. För kvicksilver och PAH M är PSRV dock lägre än för MKM-riktvärdet.

Vid beräkning av samtliga PSRV har det antagits ett högre skydd för grundvatten än för Naturvårdsverkets MKM-riktvärde. För Naturvårdsverkets MKM-riktvärde beaktas eller tas hänsyn till skydd av grundvatten 200 meter nedströms det förorenade området. För PSRV beaktas eller tas hänsyn till skydd av grundvatten 0 meter nedströms det förorenade området, det vill säga i direkt anslutning till det förorenade området. Genom att påla genom massor understigande både MKM-riktvärdet och PSRV, finns det inberäknat ett högre skydd för grundvattnet.

En beräkning av föroreningsmängd som teoretiskt sett skulle kunna följa med nedåt i jordprofilen vid pålning genom fyllnadsmassor med halter i nivå med PSRV *Boende/förskola och parkmark* > 1 m respektive i nivå med MKM-riktvärdet inom hela den f.d. deponin/lertäkten där det planeras för bostäder, redovisas i tabell 9 nedan (se även Ramböll, 2017). Vid beräkningen gjordes följande antaganden:

- F.d. deponins/lertäktens yta inom planerat bostadsområde: 110 m * 310 m
- 20 % av f.d. deponin/lertäkten inom planerat bostadsområde utgörs av bostadshus
- Pålarna utgörs av 350 mm kvadratiska pålar
- Påltäthet: 0,2 pålar/m² bostadsyta
- Totalt drivs 1364 pålar ner
- 1 dm³ fyllnadsjord under hela pålytan når det djupa grundvattnet i Uppsalaåsens grundvattenaktivär
- Föroreningshalt i massorna motsvarar PSRV *Boende/förskola och parkmark* > 1 meter respektive MKM-riktvärdet

Som framgår av tabell 9 är den uppskattade föroreningsmängden som teoretiskt sett skulle kunna följa med ner till underliggande grundvattenmagasin i Uppsalaåsen i samband med pålning mindre för 14 av de 20 ämnena i tabellen vid föroreningshalter i nivå med MKM-riktvärdet jämfört med föroreningshalter i nivå med PSRV.

Tabell 9. Beräknad föroreningsmängd som teoretiskt sett skulle kunna följa med vid pålning genom fyllnadsmassor med halter i nivå med de platsspecifika riktvärdena för Boende/förskola och parkmark > 1 meter.

Ämne	PSRV <i>Boende</i> > 1 m (mg/kg)	MKM- riktvärde (mg/kg)	Förorenings- mängd – PSRV <i>Boende</i> > 1 m (kg)	Förorenings- mängd - MKM- riktvärde (kg)
Arsenik	25	25	0,06	0,06
Barium	800	300	2	0,8
Bly	600	400	1,5	1
Kadmium	25	12	0,06	0,03
Kobolt	70	35	0,2	0,1
Koppar	400	200	1	0,5
Krom tot	400	150	1	0,4
Kvicksilver	1	2,5	0,002	0,005
Molybden	150	100	0,4	0,3
Nickel	120	120	0,3	0,3
Vanadin	200	200	0,5	0,5
Zink	700	500	1,7	1,2
PAH-L	60	15	1,5	0,4
PAH-M	15	20	0,04	0,05
PAH-H	15	10	0,04	0,03
Alifat >C10- C12	1000	500	2,5	1,2
Alifat >C12- C16	1000	500	2,5	1,2

Alifat >C16-C35	1000	1000	2,5	2,5
Aromat >C10-C16	60	15	0,2	0,04
Aromat >C16-C35	40	30	0,1	0,08

Då pålen fått stå och "vila" någon dag i leran har leran sedimenterat och suger fast på pålens yta, vilket innebär att inget vatten kan flöda vertikalt längs pålens yta. Precis som vid alternativet att påla genom PSRV-massor, bedöms risken för att skapa preferentiella flöden för nedåtgående transport av lakvatten mycket låg om pålarna som drivs genom leran har ett tvärsnitt utan inåtgående vinklar. (UK Environment Agency, 2002 och Ramböll, 2017). Därmed bedöms risken för transport av eventuellt förorenat deponivatten ner till underliggande grundvattenmagasin i Uppsalaåsen vara obetydlig.

7.2 **Pålning genom massor med föroreningshalter understigande PSRV med skyddsåtgärder**

7.2.1 **Genomförande**

Som skyddsåtgärd vid pålning genom massor med föroreningshalter som understiger PSRV (PSRV-massor) kan skyddsrör användas. Då slås som ett första steg rör ned i fyllnadsmaterialet och därefter en bit ned i leran. Fyllnadsmaterialet i röret tas upp med hjälp av skruvborr eller liknande. Pålarna slås sedan genom skyddsrören vars underkant finns nere i leran, som inte bedöms vara förorenad. På så vis går pålen aldrig genom några fyllnadsmassor.

En annan skyddsåtgärd som kan användas vid pålning genom PSRV-massor är förskakt och urskiftning (bortschaktning) av fyllnadsmassorna i pålningssläge. De bortschaktade fyllnadsmassorna kan läggas upp vid sidan om förskaktet och sedan återanvändas som fyllnadsmassor efter avslutad pålning.

7.2.2 **Risker**

Dessa skyddsåtgärder innebär att pålarna slås ner genom det rena lerlagret. Mängden föroreningar som riskerar att föras ner med pålspetsen blir minimal och därmed avsevärt mindre än vid pålning genom PSRV-massor utan skyddsåtgärder. Om pålning utförs genom underliggande naturlig lera, kommer enbart lera föras ner med pålen.

På samma grunder som angetts i avsnitt 7.1.2 ovan, bedöms risken för transport av eventuellt förorenat deponivatten ner till underliggande grundvattenmagasin i Uppsalaåsen vara obetydlig.

7.3 **Pålning genom massor < KM-riktvärdet**

7.3.1 **Genomförande**

Innan pålning schaktas alla förorenade massor ur ned till opåverkad lera och återfylls med massor som innehåller föroreningshalter understigande KM-riktvärdet. Pålarna drivs därefter ner genom dessa massor.

7.3.2 **Risker**

Mängden föroreningar som riskerar att föras ner med pålspetsen blir mindre än vid pålning genom både PSRV-massor och massor med MKM-riktvärde. Till detta alternativ bör det dock vägas in att det innebär att en betydligt större mängd schaktmassor måste transporteras bort från området och omhändertas på lämplig mottagningsanläggning, vilket ger en större negativ påverkan på miljön genom ökade transporter. Därtill kommer det behövs det sannolikt mer jungfruliga massor, vilket tar mer naturresurser i anspråk.

7.4 **Pålning från opåverkad lera**

7.4.1 **Genomförande**

Innan pålning schaktas alla massor ur ned till opåverkad lera. Pålning utförs därefter genom den opåverkade leran. När pålningen sedan är slutförd återfylls området med återanvändningsbara massor med föroreningshalter understigande PSRV.

7.4.2 **Risker**

Riskerna är motsvarande alternativet Pålning genom massor med föroreningshalter understigande PSRV med skyddsåtgärder, se avsnitt 7.2.2.

8. **Deponigas**

I avsnitt 8.1 och 8.2 nedan redogörs det kort för deponigas samt risker generellt. Eftersom riskerna även vid måttlig eller låg produktion av deponigas bör beaktas, se vidare avsnitt 8.3, redovisas en konceptuell modell samt effekt- och riskanalys. Dessa utgår från planförslaget för Börjetull samt antagandet att det sker en viss deponigasbildning även efter genomförda åtgärder. Vidare ges förslag på möjliga skyddsåtgärder.

8.1 **Kort om deponigas**

Deponigas bildas som en följd av nedbrytningen av det organiska materialet i det deponerade avfallet. Omvandlingsfasen i en avfallsdeponi kan uppdelas i en aerob, anaerob och humusbildande fas. Det är i den anaeroba fasen som deponigas bildas, som oftast främst består av den lättantändliga och luktfria metangasen samt koldioxid, se tabell 1. Mängden metan i deponigas kan variera kraftigt, men ligger normalt mellan 35–60 %. Fuktiga förhållanden, fria från syreinträngning och tillgång till lättnedbrutet material gynnar metanproduktion i förhållande till koldioxid (Avfall Sverige 2010)

Tabell 10. Huvudkomponenter i deponigas (Maurice 2001, modifierad från Gendebien et al 1992).

Ämne		Densitet	Själv- antändning i luft	Halt i deponigas	Egenskaper
		kg/m ³	Vol-%	Vol-%	
Metan	CH ₄	0,717	5/15	0–85	Färglös, luktlös, icke toxisk, explosiv
Koldioxid	CO ₂	1,977		0–88	Färglös, luktlös, icke toxisk vid låga halter
Kolmonoxid	CO	1,250	12,5/74	0–3	Färglös, luktlös, toxisk, explosiv
Vätgas	H ₂	0,090	4/74	0–3,6	Färglös, luktlös, icke toxisk, explosiv
Syre	O ₂	1,429		0,21	Färglös, luktlös, icke toxisk
Kväve	N ₂	1,250		0–82,5	Färglös, luktlös, icke toxisk
Svavelväte	H ₂ S	1,539	4,3/45,5	0–0,0001	Färglös, illaluktande, toxisk

För en stabil anaerob nedbrytning krävs i regel avfallslager med ca 6–8 m mäktighet. Ett tätskikt kan innebära ökad deponigasbildning, då syreinträngningen minskas, men det kan även ha motsatt effekt genom att fukthalten i deponin minskar. Innehåller deponin främst bygg- och rivningsavfall är den vattenhållande kapaciteten normalt lägre än om den även innehåller hushållsavfall, och därmed är även metangashalten generellt lägre. Är humusämnen påtagliga är deponin troligtvis inne i sin mättnadsfas, där metangasbildning inte är lika påtaglig som i den anaeroba fasen.

Mer sönderdelat avfall medför en ökad tillgänglighet för bakterier att bryta ned materialet, och ökar nedbrytningshastigheten och gasbildningen. Kompaktering medför att syretillförseln minskar och gynnar därmed gasbildning (Avfall Sverige, 2013)

8.2

Risker med deponigas

Risken med deponigas är främst förenad med metangasen den innehåller. Metangasens låga densitet gör att den har en hög förmåga att transporteras långa sträckor under hårdgjorda ytor, i till exempel sprickor, kanaler, ledningsgravar och dränering, där motståndet för gasen är som minst.

Om gasen av någon anledning stängs inne och ansamlas i slutna utrymmen finns risk för explosion. Den nedre explosionsgränsen för metan är 5 volymprocent och den övre explosionsgränsen är 15 volymprocent, vid inblandning i luft. Gränsen

kan dock förskjutas beroende på förhållandet mellan vätgas och koldioxid. Förutom explosionsrisk medför deponigasens höga koldioxidhalt risk för förgiftning och kvävning av människor. (Avfall Sverige, 2013) Speciell uppmärksamhet bör därför ägnas dräneringar för husgrunder och ledningar. Migrerande deponigas har orsakat allvarliga olyckor och tillbud som exempelvis explosioner i brunnar vid deponigasanläggningar, bränder och explosioner i byggnader vid deponier samt deponibränder. Riskerna är som störst inom deponiområdet men förekommer även utanför deponiområden.

En hög gasproduktion ökar riskerna men man kan inte bortse från risker även vid måttlig eller låg gasproduktion. Nedbrytning av organiskt material och gasbildning förväntas ske under lång tid efter att deponeringsverksamheten upphört. Under gynnsamma förhållanden uppskattas halveringstiden för nedbrytning av matavfall till några år medan den för exempelvis papper uppgår till uppåt 10 år och för textilier och trä till uppåt 30 år (van Zanten and Scheepers 1997). Nedbrytnings-takten påverkas även av förhållanden i tippen (bl.a. temperaturen). Från blandat hushållsavfall bedöms gaspotentialen (den totala gasmängden som kan bildas) ligga mellan 50-400 m³/ton (Ham 1989). Det innebär att gasbildning kan observeras under upp emot ett sekel efter att verksamheten avslutats.

8.3

Områdesspecifika förutsättningar för deponigasbildning

Librobäcksdeponin inom det aktuella planområdet är ca 110 x 390 meter stor i ytan och som mest ca 4 meter djup. Deponin har använts för både deponi- och hushållsavfall. Fyllningen i deponin utgörs i huvudsak av lera, sand och grus med inslag av tegel, trä, sågspån, metall, "soplager", porslin, betong, glas och plast.

Vid de undersökningar som utförts av deponin har organiskt material såsom diverse trämaterial påträffats. Vid nedbrytning av organiska material finns risk för bildning av deponigas. Vid de analyser som utförts på prov från deponimassorna är dock inblandningen av organiskt material relativt låg (halterna av beräknad TOC ligger mellan 0,3 och 3,3 % utom i ett prov där halten beräknats till 11 %).

Markytans beskaffenhet varierar över området. Dels har det funnits och finns fortfarande byggnader ovanpå deponin, dels är vissa ytor asfalterade, vissa består av packat grus och sand och vissa ytor är mer åt det naturliga hållet där fyllningen har inblandning av mull. Genom att Librobäcksdeponin inte är helt täckt med täta skikt, bedöms syre kunna tränga ner i deponin, vilket också kan bidra till minskad deponigasbildning.

Utförda undersökningar har visat att det finns markvatten i deponimassorna (Bjerking, 2015 och Ramböll, 2017) vilket innebär att massorna inte har varit skyddade från väta under tiden deponin har legat orörd. I de delar av deponin där deponimassorna har varit utsatta för fukt under en längre tid, har gasbildningen under de dryga 60 år som deponin varit orörd sannolikt inte hämmats på grund av för låg fukthalt. I de asfalterade delarna av Librobäcksdeponin samt där det finns

byggnader kan dock fukthalten vara lägre, vilket minskar förutsättningarna för att deponigas ska bildas.

Deponin lades ner år 1957. Den mängd deponigas som fortfarande bildas av nedbrytningen av det organiska materialet idag, drygt 60 år senare, bedöms kunna vara liten - måttlig. Inga mätningar av deponigas har dock utförts på platsen och bedömningen är därför behäftad med en stor osäkerhet.

8.4

Gasemissioner från deponi – konceptuell modell

Gasen bildas som en följd av nedbrytningen av det organiska materialet i avfallet. Gasen migrerar generellt uppåt mot markytan. I grova material som sand och grus och beroende på deponins utformning kan deponigas migrera över längre sträckor. Mätningar genomförda i Danmark har visat på gastransport med flöden i storleksordning 100 l/(m², h) upp till 30 meter från deponin (Christophersen et al 2001). Ledningar och ledningsgravar är områden där en betydande gastransport kan ske (Avfall Sverige 2010).

Gasen sprids i den omättade zonen, under hårdgjorda ytor. Gasavgång sker i områdena där motståndet att migrera är minst för gasen d.v.s. där marken är porös, omättad och ytan är fri från betong eller asfalt.

Byggnader på deponin fungerar som ett lock (en stor statisk kammare) och deponigasen kan ansamlas under byggnaden och migrera i ledningsgravar och eventuella öppningar i plattan till atmosfären. Även angränsande ytor och byggnader kan utsättas för migrerande deponigas om denna hindras att avgå. Anläggning av större ledningsgravar skulle kunna leda till att migrationsmönstret ändras varför detta skall beaktas noga vid till exempel VA-utbyggnader.

Exponeringsvägarna påverkas av exploateringsplanerna. Människor som kommer att bo, arbeta eller besöka området kan exponeras för deponigas på följande sätt:

- Deponigas kan tränga in i de nya byggnaderna genom att gasen kan ansamlas under byggnaden och tränga genom i genomföringar, sprickor och skarvar. Gasen kan ledas till byggnaden genom ledningar och ledningsgravar som kan fungera som dräner.
- Nya byggnader kan leda till att gasen hindras att avgå genom markytan som den tidigare gjort och istället letar sig via ledningar och ledningsgravar till närliggande fastigheter.
- Gasen kan även ansamlas i förråd, brunnar, elskåp och andra mindre byggnader med begränsad ventilation och leda till olyckor, främst i samband med arbete.
- På öppna ytor som grönområden, hårdgjorda ytor och andra öppna ytor bedöms ingen direkt exponering för gasen förekomma. Gas späds ut snabbt.

8.5

Effektanalys

Förekomsten av deponigas och dess effekter kan kategoriseras utifrån var emissionerna uppkommer samt mängden gas.

- **Gasintrång i nybyggda hus.** Deponigas letar sig in via byggnadens grundläggning och orsakar i) brand och explosion, ii) kvävning av människor som vistas i dåligt ventilerade delar av byggnaderna. Negativa effekter kan även uppstå p.g.a. långvarig exponering för låga halter av exempelvis kolmonoxid, svavelväte och andra spårgaser. Olägenheten som uppstår p.g.a. dålig lukt kommer sannolikt att leda till åtgärder och fungera som varningssystem.
- **Gasintrång i omkringliggande byggnader.** Gasflöden kommer att ändras p.g.a. att deponiytan byggs om och hårdgjorda ytor anläggs som hindrar gastransporten uppåt mot ytan. Gasförande marklager som ledningsgravar skulle kunna leda gasen utanför deponiområdet. Exponeringsvägar och effekter blir desamma som föregående punkt.
- **Gasansamling i brunnar.** Exponering för toxiska gaser samt explosionsrisken gäller även för brunnar, exempelvis avloppsbrunnar, där gasen kan migrera och ansamlas via ledningsgravar. Explosioner i brunnar samt olycksrisk (kvävning och förgiftning) för människor som arbetar exempelvis med VA-system kan förekomma. Långvarig exponering bedöms inte som ett problem då inga människor vistas en längre tid i dessa anläggningar.
- **Gasutsläpp på hårdgjorda ytor och grönområden.** En lateral gasmigration kommer i första hand leda till gasutsläpp från hårdgjorda ytor och grönområden. Exponeringen för människor som vistas utomhus i området bedöms som försumbar p.g.a. utspädning i atmosfären. Vegetationen kan däremot ta skada om höga halter av koldioxid förekommer i markluften.
- **Gasutsläpp till atmosfären.** Metanutsläpp till atmosfären bidrar till den globala uppvärmningen. Någon effekt på lokal nivå direkt kopplad till utsläppen finns dock inte.

8.6

Risikanalys

Anläggandet av byggnader kommer att påverka gasmigrationen och följande risker behöver hanteras:

- Metan och koldioxid tränger in i byggnader eller mindre anläggningar. På grund av dålig ventilation (även tillfällig) ansamlas gas vilket kan leda till en explosion eller kvävningsolycka när en människa kommer in i en lokal/anläggning.
- Hindret ("locket") som de nya byggnaderna utgör för gasutsläppen innebär att gasen letar sig utanför tippen via ledningar.
- Illaluktande gaser som förekommer i deponigas tränger in i låga halter in i byggnaderna och orsakar olägenhet.

Riskerna med deponigas uppkommer om den tillåts ansamlas på fel plats. Förebyggande åtgärder bör därför vidtas för att underlätta gastransporten och så att utsläppet sker under kontrollerade förhållanden. Gasen följer den lättaste vägen. Genom att skapa barriärer med kontrollerade utvägar, kan gasen ledas ut på ett säkert sätt.

Risk för gasmigration via ledningar och ledningsgravar finns. Varje ingrepp i/ovanför deponin kommer kunna leda till att gasen tar nya vägar. Alla ledningar till och från byggnaderna kommer vara potentiella transportvägar för gasen.

Riskerna finns så länge som gas bildas d.v.s. flera decennier eller ännu längre tid framöver. Eftersom både explosions- och kvävningsriskerna uppstår när gasen tillåts ansamlas, är t.ex. perioder med låg aktivitet riskperioder när luftomsättningen minskar.

På en global skala innebär riskerna med deponigasutsläpp en negativ påverkan på växthuseffekten.

8.7

Möjliga skyddsåtgärder

Vid efterbehandlingen i Librobäck kommer deponimassorna att grävas igenom och om möjligt sorteras utifrån innehåll. Fraktioner som kan användas som fyllnadsmaterial kommer om möjligt återanvändas inom området vid anläggning, förutsatt att föroreningshalterna understiger platsspecifika riktvärden (PSRV).

För att undvika risker med deponigas är följande skyddsåtgärder möjliga att vidta:

1. Krav på återanvändning av massor

Inga deponimassor med organiskt material med risk för deponigasbildning återanvänds som fyllnadsmaterial under byggnader.

2. Byggnad – tätskikt + ventilation

Anslutande försörjningsledningar till byggnaderna koncentreras till ett område och utförs gassäkert. Ett lämpligt antal gasdetektorer placeras i kritiska utrymmen för övervakning och upptäckt av eventuella inläckage av gas.

Följande funktionskrav kan vara aktuella för de nya byggnaderna:

- Byggnad, undergrund och mark runt byggnad utformas och utförs så att deponigas ej kan samlas i byggnaden, undergrunden eller i direkt anslutning till denna
- Undergrund utförs av dränerande material så att deponigas kan ventileras bort
- Bottenplatta och källarväggar utförs gastäta så att deponigas inte kan tränga in i byggnaden
- Alla genomföringar för installationer utförs gastäta så att deponigas inte kan tränga in i byggnaden

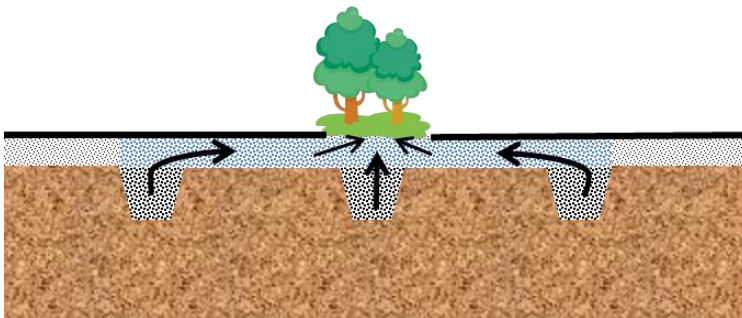
3. Hårdgjorda ytor och grönområden

Om deponimassor med organiskt material uppfyller de tekniska kraven för fyllnadsmassor samt föroreningshalterna understiger PSRV, kan det ur ett riskperspektiv vara möjligt att återanvända massorna vid anläggning av grönytor eller andra ytor som inte ska bebyggas.

Om ytorna anläggs med porös, väl-dränerad jord med hög andel organiskt material kan grönyterna dessutom bidra till att metangasen oxiderar och omvandlas till koldioxid, en process som har en positiv miljöeffekt (Börjesson et al 2001; Chaton et Liptay, 2000; Maurice et al 1999).

Gasbildning och -utsläpp från tippen leder inte till några risker på grönområdena, de hårdgjorda ytor eller andra öppna ytor. Däremot finns det en möjlighet att anlägga ytorna på ett sätt som minskar risken för att gas ansamlas i närliggande byggnader.

Åtgärderna bör syfta till att underlätta gastransporten från avfallet till atmosfären samt se till att utsläppen sker under kontrollerade former. Dräneringsstråk med grövre och poröst material kan anläggas under blivande hårdgjorda ytor (se figur 11). Närliggande grönområdena kan med fördel användas som utsläppsytor. Dessa områden kan anläggas så att metanoxidation underlättas vilket har en positiv miljöeffekt då metan omvandlas till koldioxid. Porös, väl-dränerad jord med hög andel organiskt material bidrar till ökad metanoxideringskapacitet (Börjesson et al 2001; Chaton et Liptay, 2000; Maurice et al 1999).



Figur 11. Principskiss hur en gasdränering kan anläggas under hårdgjorda ytor.

9. Referenser

Avfall Sverige, 2007, Avfall Sverige, Uppdaterade bedömningsgrunder för förorenade massor, Farligt Avfall, Rapport 2007:01

Avfall Sverige (2010). Gassäkerhet på deponier – Risker, egenkontroll och åtgärder. Rapport D2010:04.

Avfall Sverige, 2013. Handbiók för deponigas, Rapport D2013:02

Bjerking, 2012. PM Miljöteknisk markundersökning. Librobäck 13:1 och 13:2, Uppsala. 2012-07-05.

Bjerking, 2015. PM Miljöteknisk undersökning av deponi i tidigare lertäkt, 2015-02-11

Bjerking, 2016. Delområde 2 norra delen (deponidelen) Librobäck 11:11 och 11:2 (delar av), tidigare del av Librobäck 11:1, Uppsala kommun. Slutrapport efterbehandling. 2016-06-23

Bjerking, 2018. PM Miljöteknisk markundersökning. Librobäck 13:3 och 13:4 (del av), 2018-02-16.

Börjesson, G., Chanton, J.P., Svensson, B.H., 2001. Methane oxidation in two Swedish landfill cover soils determined with the use of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotope ratios. *Journal of Environmental Quality* 30, 369–376.

Chanton, J., Liptay, K., 2000. Seasonal variation in methane oxidation in a landfill cover soil as determined by an in situ stable isotope technique. *Global Biogeochemical Cycles* 14 (1), 51–60.

Christophersen, M., Holst, H., Chanton, J., Kjeldsen, P., 2001. Lateral gas transport in soil adjacent to an old landfill: factors governing emissions and methane oxidation. *Waste Management & Research* 19, 126– 143.

Ekab, 2011. Librobäck 14:1, Fyrisvallsgatan 13, Uppsala. Översiktlig miljöteknisk markundersökning med åtgärdsplan, 2011-05-20.

Gendebien, A., M. Pauwels, M. Constant, M.-J. Ledrut-Damanet, E.-J. Nyns, H.-C. Willumsen, J. Butson, R. Fabry and G.-L. Ferrero (1992). Potential landfill gas damages to vegetation. *Landfill gas. From environment to energy. Luxembourg, CEE. 1: 35-46.*

Geosigma, 2016. Börjetippen/Librobäcksdeponin - inventering och riskklassning enligt MIFO fas 1. MIFO-blanketter IDnr EBH-stödet 148442, Länsstyrelsens databas över förorenade områden

Golder Associates, 2001. Miljöteknisk markundersökning av 11 fastigheter i Librobäck och 1 fastighet i Fålhagen, Uppsala kommun (uppdrag 0170303)

Golder Associates, 2011. Librobäck 7:1, Miljöteknisk undersökning MIFO fas II

Ham, Robert K., and Morton A. Barlaz. (1989) Measurement and Prediction of Landfill Gas Quality and Quantity in Sanitary Landfilling: Process, Technology and Environmental Impacted. Thomas H. Chistensen, Raffaello Cossu, and Rainer Stegmann (Academic Press, New York, 1989) p.155-158. In Lagerkvist, A. (2003) landfill technology, report no 2003:15, , Luleå University of Technology, Luleå, Sweden.

Kurowska, 2002. Miljöinventering av Objekt 31 – Librobäck 7:5 hos AB Uppsala Kommuns, Industrihus

Länsstyrelsen i Uppsala län. Utdrag ur EBH-stödet (Länsstyrelsens databas över förorenade områden)

Maurice, C., Ettala, M., Lagerkvist, A., 1999. Effects of leachate irrigation on landfill vegetation and subsequent methane emissions. Water, Air and Soil Pollution 113, 203– 216.

Naturvårdsverket, 1995. Branschkartläggningen. En översiktlig kartläggning av efterbehandlingsbehovet i Sverige.

Naturvårdsverket, 2011. Branscher inom vilka objekten ska inventeras respektive endast identifieras i det efterbehandlingsarbete som utförs med bidrag från Naturvårdsverket. 2011-05-17.

Ramböll, 2016. PM Framtagande av platsspecifika riktvärden. Marksanering Librobäck 7:3, Uppsala, 2016-09-16

Ramböll, 2017a. PM Miljöteknisk undersökning. Marksanering Librobäck 7:2 och 7:3, Uppsala, 2017-02-16

Ramböll, 2017 b. Genomförandeplan. Exploatering Librobäck. Uppsala 2017-05-17.

Ramböll, 2017c. Ansökan om dispens från vattenskyddsföreskrifter inom skyddsområde för dricksvatten. Riskanalys av pålning inom förorenat område. Marksanering Librobäck 7:3. Uppsala 2017-06-15

Ramböll, 2018a. Förslag på översiktlig miljöteknisk markundersökning, MIFO-objekt, Börjetulls planområde. Ramböll. Programförslag. 2018-02-12, eviderat 2018-03-19

Ramböll, 2018b. Riskbedömning och åtgärdsutredning. Marksanering Librobäck 7:2 och 7:3. Mars 2018.

SGU, Sveriges Geologiska Undersökning, 2016. Grundvattenmagasin i jordlager.

SGU, Sveriges Geologiska Undersökning, 2018. Jorddjupskarta.

SLU och Ramböll, 2015. Bevattningsavsaltningsundersökning av salix med lakvatten och Econovas dagvatten i Dragmossen, Älvkarleby kommun 2014, Uppsala 2015-03-02
Åtgärdsportalen, 2018. <http://atgardsportalen.se/metoder/jord/in-situ/fytosanering/fytosanering-fordjupn> 2018-02-27

UK Environment Agency, 2002. Piling into contaminated sites.

Uppsala kommun, 2017a. Miljöbedömning; Steg 1 – Behovsbedömning. Detaljplan för Börjetull. Behovsbedömning – risk för betydande miljöpåverkan. Plan- och byggnadsnämnden, dnr: PLA 2017-287, 2017-08-01

Uppsala kommun, 2017b. Planbeskrivning för Börjetull. Utökat planförfarande. Plan- och byggnadsnämnden, dnr: PLA 2017-287, 2017-08-01

Van Zanten, B. And Scheepers, M.J.J. (1997) Modelling of landfill gas potentials, in Lagerkvist, A (ed.) Papers from the 1992-1994 IEA Landfill Gas Activity, The landfill Group report no 1997:1, Luleå University of Technology, Luleå, Sweden.

Weber-Qvarfort, 2011. Lertäkter i Uppsala. Inventering och föroreningsituation. (Examensarbete vid Västerbergslagens utbildningscentrum)