

Ansökan om dispens från skyddsföreskrifter inom skyddsområde för dricksvatten

- Riskanalys av pålning inom förorenat område

AB Uppsala kommuns Industrihus

Marksanering Libroäck 7:3

Uppsala 2017-06-15

Marksanering Librobäck 7:3

Ansökan om dispens från skyddsföreskrifter inom skyddsområde för dricksvatten

Datum 2017-06-15
Uppdragsnummer 1320015586-001
Utgåva/Status

Karin Åkerhammar
Uppdragsledare

Kristina Jansson
Teknikansvarig

C-O Modin, Daniel Nordborg, F Linders
Handläggare

Helen Svedberg
Granskare

Ramböll Sverige AB
Box 17009, Krukmakargatan 21
104 62 Stockholm

Telefon 010-615 60 00
Fax 010-615 20 00
www.ramboll.se

Unr 1320015586-001

Innehållsförteckning

1.	Administrativa uppgifter	1
2.	Inledning	1
3.	Bakgrund	2
3.1	Planerad exploatering	2
3.2	F.d. deponi och lertäkt	2
3.3	Hydrogeologiska förutsättningar.....	4
3.4	Platsspecifika riktvärden för förorenad mark för Börjetulls planområde	4
3.5	Föroreningssituation	6
4.	Möjlig saneringsåtgärd och grundläggning av byggnader	8
5.	Kunskap och erfarenheter från internationell vägledning avseende pålning genom förorenad mark	11
5.1	Vägledning från Storbritannien (<i>Environmental Agency</i>).....	11
5.1.1	Scenario A; Risk för preferentiella flöden vid neddrivning av pålar (massundanträngande pålar).....	13
5.1.2	Scenario B; Risk för nedtryckning av förorenad jord vid neddrivning av pålar (massundanträngande pålar).....	13
5.2	Vägledning från USA (EPA/Boutwell et al.).....	14
5.3	Vägledning från ytterligare källor	15
6.	Analys av risker vid pålning genom massor med föroreningshalter < PSRV inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3	16
6.1	Risk för förorening av djupt grundvatten från fyllnadsmassor ovanpå leran	16
6.2	Risk för förorening av djupt grundvatten från ytligt grundvatten	18
7.	Slutsats	19
8.	Referenser	19

Marksanering inom Börjetull PM

1. Administrativa uppgifter

Ramböll:s uppgifter

Uppdragsnamn: Marksanering inom Librobäck 7:2 och 7:3, Uppsala

Uppdragsnummer: 1320015586-001

Uppdragsledare: Karin Åkerhammar
Tel: 010-615 12 23
karin.akerhammar@ramboll.se

Teknikansvarig: Kristina Jansson
Tel: 010-615 65 90
kristina.jansson@ramboll.se

Handläggare: Daniel Nordborg, Carl-Olof Modin och Filip Linders

Beställarens uppgifter

Beställare: AB Uppsala kommuns Industrihus
Projektledare: Peter Hesselgren

2. Inledning

På uppdrag av Uppsala kommuns Industrihus AB har Ramböll utfört en riskanalys avseende risker för spridning av föroreningar vid pålning genom jordmassor med föroreningshalter upp till platsspecifika riktvärden för förorenad mark inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3.

3. Bakgrund

3.1 Planerad exploatering

Uppsala kommun planerar att omvandla ett industriområde i Librobäck, Uppsala till bostadsområde med förskole- och skolverksamhet. I samverkan med berörda fastighetsägare inom området pågår för närvarande en planprocess för området benämnt 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 1 nedan där fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 är markerade. Området avgränsas av Librobäcken, Fyrisån, Fyrisvallsgatan och Börjegatan. Planområdet bedöms omfatta ca 10-15 hektar, beroende på områdets slutgiltiga utformning.



Figur 1. Pågående planprocessens senaste version av plankarta över planområdet Börjetull daterad 2015-12-10. Gulmarkerade områden är bostäder, grönmarkerat område är parkmark, blåmarkerat område är förskoleverksamhet och lilamarkerat är mark för industriändamål. Fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 är inringade.

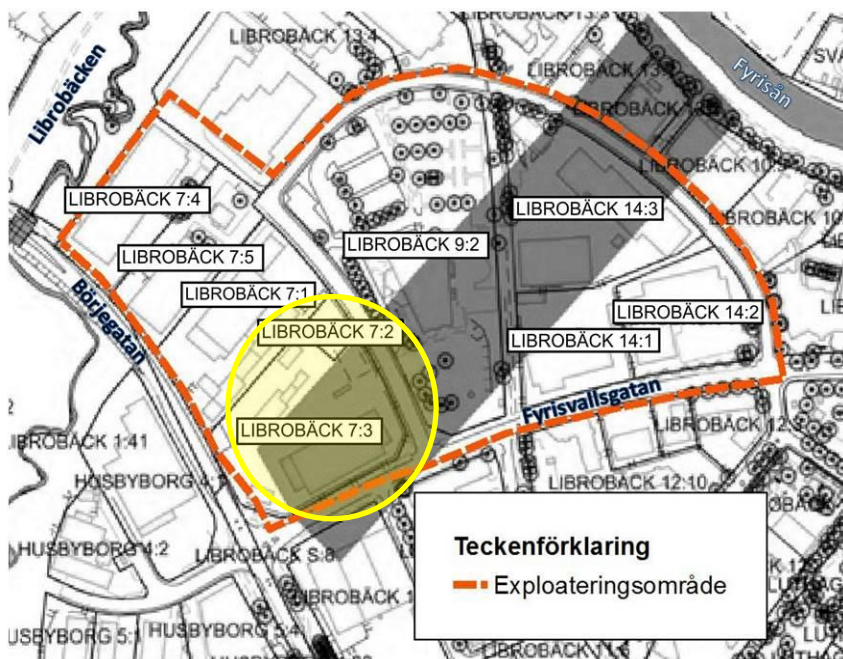
Källa: Stadsbyggnadsförvaltningen, Uppsala kommun.

3.2 F.d. deponi och lertäkt

Ett stort område inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 har brukats som lertäkt under 30- och 40-talet. Lertäkten sträckte sig från Börjegatan och nästan ända ner mot Fyrisån i östlig riktning, se figur 2 och 3 nedan. Täkten var en av S:t Eriks tegelbruks lertäkter under åren 1934-1945. Efter täkstens avslutande användes den som deponi och fylldes igen med deponimassor av okänd härkomst fram till år 1957 (Theresa Weber-Qvarfort, 2011).



Figur 2. Ungefärlig utbredning av lertäkt i Librobäck. Källa: Theresa Weber-Qvarfort, 2011



Figur 3. Schematisk bild över utbredning av deponi samt aktuella fastigheter inom exploateringsområdet för bostäder. Exploateringsområdet för Börjetull är beläget inom orange linje. Librobäck 7:2 och 7:3 är markerade med en gul cirkel. Det grå fältet visar den f.d. deponins/lertäktens ungefärliga utbredning. Källa: Theresa Weber-Qvarfort, 2011

3.3 **Hydrogeologiska förutsättningar**

Fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 ligger inom den yttre skyddszonen för vattenskyddsområdet för Uppsalaåsen, vilket är det grundvattenmagasin som till stor del utgör källan till Uppsala kommuns dricksvatten.

Ett lerlager överlagrar Uppsalaåsens grundvattenmagasin inom området. Utanför den f.d. lertakten/deponin har markundersökningar påvisat att jordlagerföljden utgörs av ca 0,5 – 1 m fyllning ovan postglacial lera, som överlagrar åsmaterial. Inom området för den f.d. lertakten/deponin har fyllnads-/deponimassornas mäktighet påvisats vara uppemot 4 m. Lerlagrets mäktighet har vid Rambölls undersökning som genomförts inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 konstaterats vara ca 17 meter mäktigt (Ramböll, 2017). Inom f.d. lertakten/deponin har lera avlägsnats och ersatts med fyllnadsmaterial, varför det tätande lerlagret inom deponin är några meter tunnare.

Skyddsområdet med avseende på grundvatten gäller i första hand för åsen, och det är grundvatten under lerlagret på platsen som främst kan anses vara ett grundvatten i egentlig mening.

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. Spridningsriktningen för ytligt (mark-)grundvatten i fyllnadsjord/ytligare lera har inte klargjorts närmare. En spridning till Librobäcken såväl som till Fyrisån kan vara möjlig.

Resultatet av undersökningar som genomförts har påvisat att grundvattnet i det ytliga (mark-)grundvattnet förekommer vid ett djup av ca 3 m under markytan (m u my), medan grundvattnet i det djupa grundvattnet under leran påvisats vid ett djup av ca 5 meter under markytan. 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 och flödar på minst ca 15 meters djup under markytan.

3.4 **Platsspecifika riktvärden för förorenad mark för Börjetulls planområde**

På uppdrag av Byggherregruppen i Börjetull har Ramböll tagit fram förslag på platsspecifika riktvärden (PSRV) för föroreningar i mark inom den del av Börjetulls planområde där det planeras för bostäder och skolverksamhet. Med hjälp av Naturvårdsverkets verktyg och vägledning har riktvärdena tagits fram med avseende på olika markanvändning och djup utifrån områdets platsspecifika förutsättningar. De platsspecifika riktvärden finns redovisade i PM *Marksanering*

Librobäck inom Börjetull. Framtagande av platsspecifika riktvärden, (Ramböll, 2016-09-06) samt tabell 1 nedan.

Vid beräkning av PSRV har skydd av grundvatten beaktats, trots att det inte bedöms vara sannolikt att det förekommer en förorenings-spridning genom det mäktiga lerlagret till det djupa grundvattnet. Anledningen till det är att området utgör en del av Uppsalaåsens grundvattenmagasin. Avståndet till skyddat grundvatten har i beräkningsmodellen angetts till 0 meter.

Tabell 1. Platsspecifika riktvärden för förorenad mark för olika markanvändningsscenarier och djup under markytan.

Ämne	Boende/förskola och parkmark 0 -1 m	Hårdgjord yta 0 -1 m	Boende/förskola och parkmark > 1 m	Hårdgjord yta > 1 m
Arsenik	10	50	25	50
Barium	300	800	800	800
Bly	80	600	600	600
Kadmium	4,0	4,0	25	35
Kobolt	35	60	70	70
Koppar	200	400	400	400
Krom tot	150	400	400	400
Kvicksilver	0,40	0,60	1,0	35
Molybden	25	25	150	150
Nickel	120	120	120	120
Vanadin	200	200	200	200
Zink	500	700	700	700
PAH-L	15	60	60	60
PAH-M	7,0	60	15	120
PAH-H	3,0	15	15	15
Alifat >C10-C12	400	1 000	1 000	1 000
Alifat >C12-C16	500	1 000	1 000	1 000
Alifat >C16-C35	1 000	1 000	1 000	1 000
Aromat >C10-C16	15	60	60	60
Aromat >C16-C35	35	35	40	40

Miljöförvaltningen i Uppsala kommun har i ett meddelande angett att de föreslagna platsspecifika riktvärdena kan användas för hela detaljplaneområdet under förutsättning att vissa krav uppfylls (Meddelande daterat 2016-09-13, dnr 2015-006935-MI). Enligt Miljöförvaltningens meddelande gäller följande specifika krav för efterbehandling av den f.d. deponin (inom fastigheterna Librobäck 7:3, 9:2, 14:1 och 14:3 samt kommunala gator):

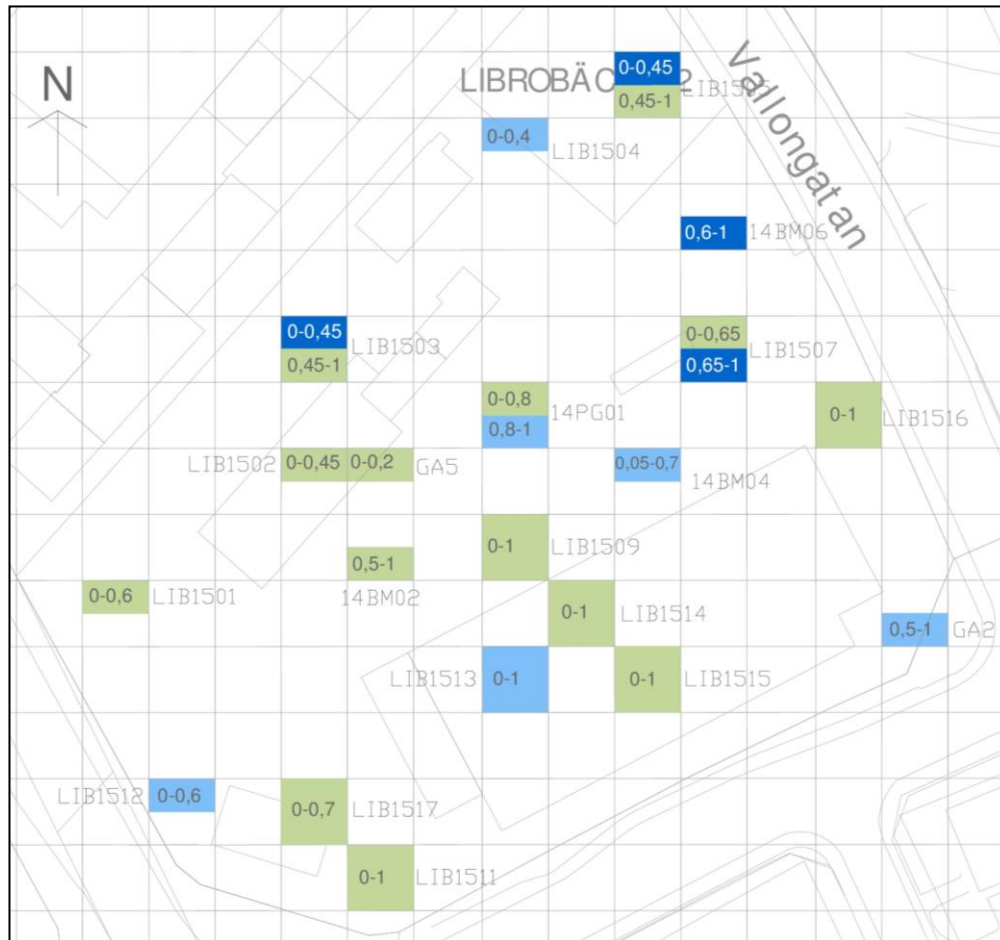
- Allt deponimaterial ska grävas ut och sorteras inför återanvändning inom området. Organiskt material och massor med halter överstigande PSRV ska omhändertas.

- Schaktmassor som eventuellt återanvänds inom området ska läggas längst ned i markprofilen och överlagras av massor som måste tillföras området.
- Ett program för att kontrollera eventuell spridning av föroreningar till Fyrisån ska upprättas. Riktvärden för länshållningsvatten som kan uppkomma ska tas fram.
- Dispens från vattenskyddsföreskrifterna krävs vid markarbeten djupare än 1 m över högsta trycknivå för grundvattenytan.

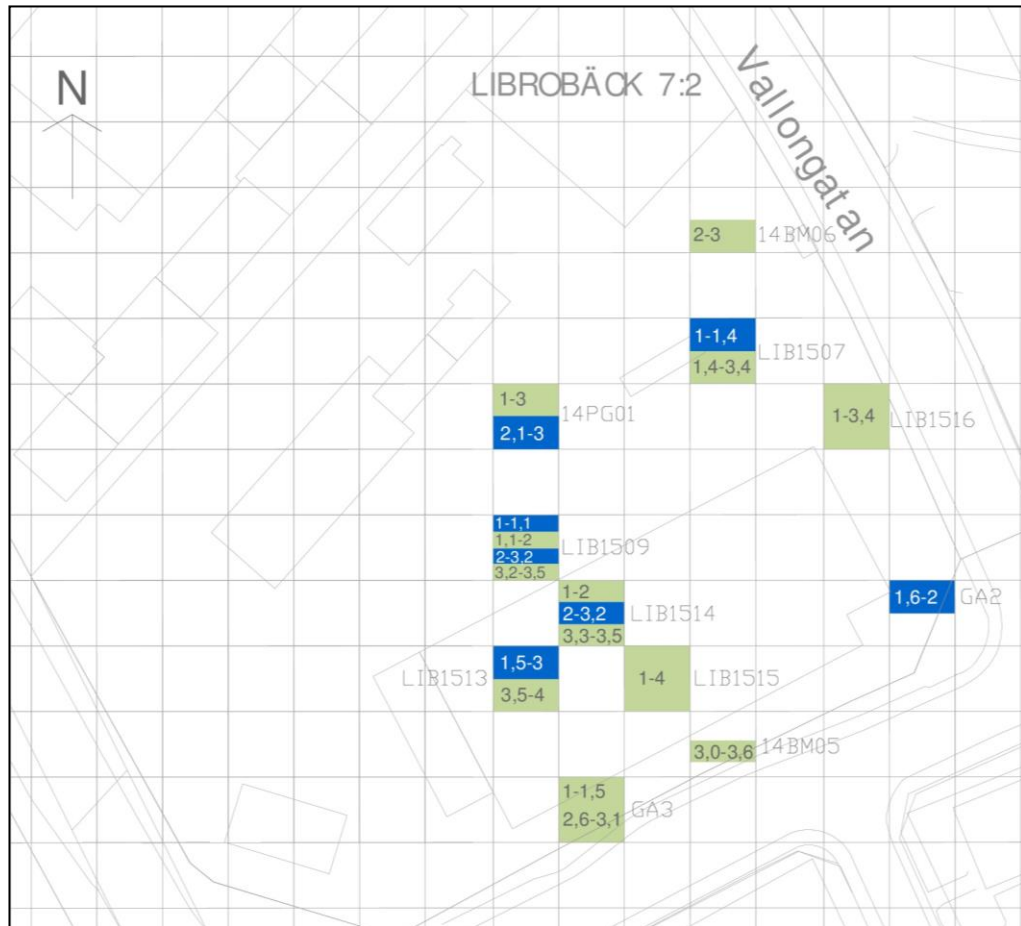
Vidare informerade Miljöförvaltningen om att Länsstyrelsen och miljöförvaltningen kan komma att ha strängare krav gällande förekomst av markföroreningar än PSRV vid grundläggningsarbeten, t ex pålning. Utformningen av grundläggning och eventuell pålning kan påverka de krav som ställs.

3.5 **Föroreningsituation**

Resultat från analyser av jordprover tagna vid flera miljötekniska undersökningar inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 har sammanställts och jämförts med PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m* respektive PSRV *Boende/förskola och parkmark > 1 m* (Ramböll, 2017). I figur 4 redovisas en översiktlig bild över resultatet i de olika rutorna i den översta metern av marken. Rutor där prov uttagits är markerade med grön färg om båda PSRV underskrids och markerade med blå färg om PSRV överskrids för ett eller flera föroreningsämnen. I figur 5 redovisas resultaten på motsvarande sätt för jord på större djup än 1 meter under markytan.



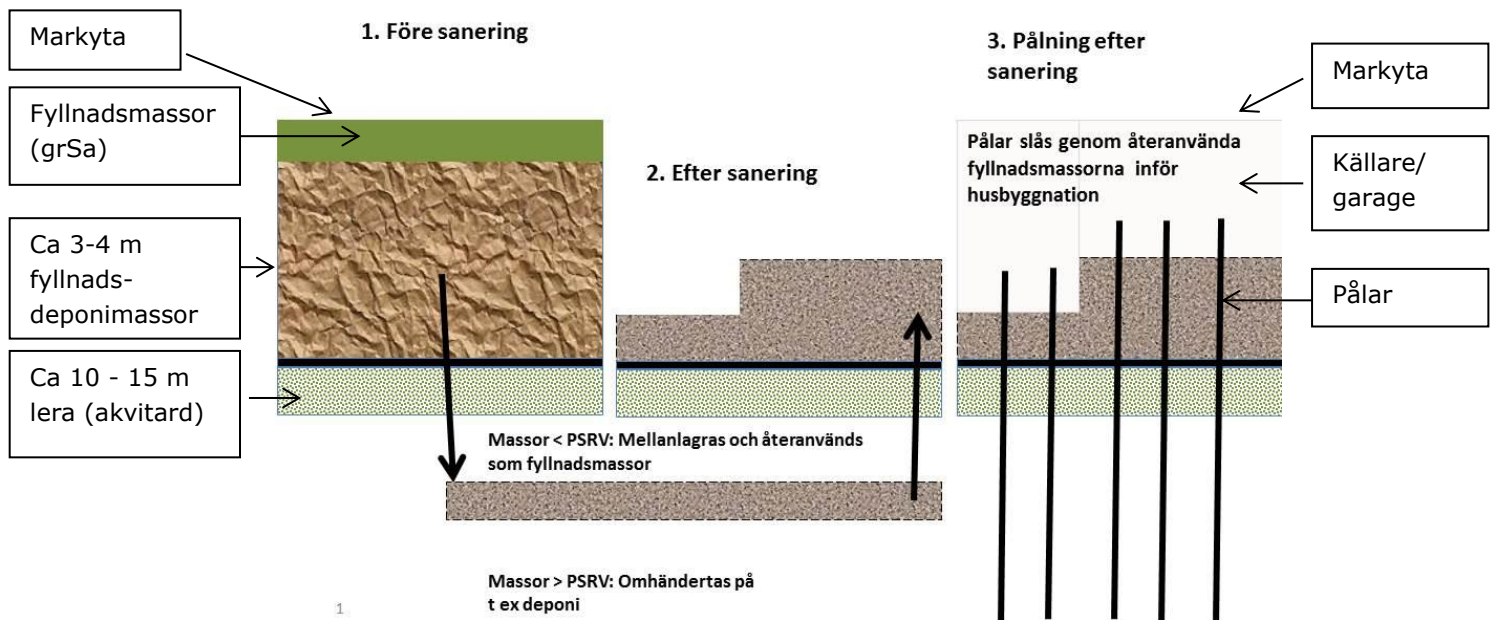
Figur 4. Djup 0-1 m under markytan. Den ljusare blå färgen anger halter av föroreningar över PSRV Boende/förskola och parkmark 0-1 m och den mörkare blå färgen anger halter över PSRV Boende/förskola och parkmark >1 m. Den gröna färgen anger halter under PSRV för båda djupindelningarna. Vissa rutor är uppdelade i flera nivåer i profilen för att visa på olika halter av föroreningar i samma ruta men på olika nivåer. Detta visas som halva rutor.



Figur 5. Djup >1 m under markytan. Den mörka blå färgen anger halter av föroreningar över PSRV Boende/förskola och parkmark >1 m. Den gröna färgen anger halter under PSRV. Vissa rutor är uppdelade i flera nivåer i profilen för att visa på olika halter av föroreningar i samma ruta men på olika nivåer. Detta visas som halva rutor.

4. Möjlig saneringsåtgärd och grundläggning av byggnader

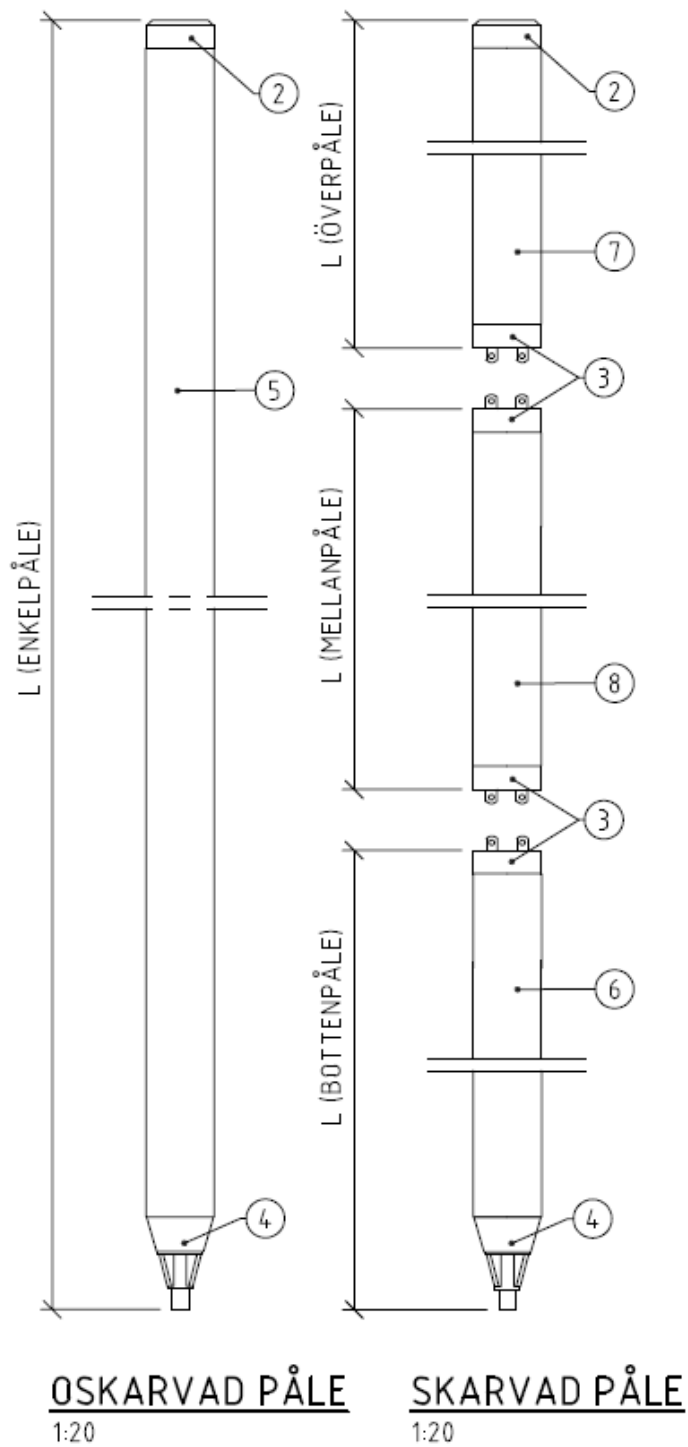
I samband med att området exploateras kommer den f.d. deponin att schaktas ur och kontrolleras med avseende på föroreningshalter. Jord med föroreningshalter som överstiger de platsspecifika riktvärdena kommer att schaktas ur innan pålning och andra arbeten utförs. Massor som innehåller föroreningshalter under de platsspecifika riktvärdena, är tänkt att återanvändas som fyllnadsmassor inom området. Vid grundläggning av byggnaderna som ska byggas, kommer sedan pålning att ske genom dessa massor, se en schematisk skiss i figur 6 nedan.



Figur 6. Principskiss av möjligt genomförande av saneringsåtgärd och grundläggning med pålning i f.d. lertäkt/deponi vid Librobäck 7:3

De bostäder som planeras att byggas inom planområdet, kommer sannolikt att grundläggas på pålar. Den i Sverige mest använda typen av pålar är slagna pålar av betong. Vanliga dimensioner på pålarna är ett kvadratisk tvärsnitt med sidomått 235*235 mm till 350*350 mm. Ju större kvadratisk tvärsnitt desto större lastkapacitet har pålarna. Pålarna tillverkas med standardlängd 13 m. Om djupet till fast botten är större än så skarvas pålarna. Tillverkningen av pålar utförs på fabrik, pålarna är typgodkända och är i allmänhet CE-märkta.

Då pålarna drivs ned, vanligt är nedslagning med pålkran med fallhejare, utsätts pålens spets för stora påfrestningar. För att spetsen inte ska slås sönder skyddas den med en ingjuten bergsko som skyddar pålen från skador samt gör det möjligt att mejsla in pålen någon centimeter in i en bergyta eller ett block. En bergsko utformas som en spets med konisk form, se figur 7.



Figur 7. Skiss av oskarvad och skarvad påle.

Vid neddrivningen pressas jorden åt sidan och uppåt vilket innebär att jordtrycket runt pålen ökar vilket också ger en stabiliserande effekt på pålens bärförmåga. Oftast utförs pålarna som spetsburna pålar d.v.s. merparten av kraften tas i pålspetsen som då är nedslagen i berg eller fast friktionsjord. Jordtrycket på sidorna är då främst stabiliserande. Vid stora mäktigheter lösa jordar (lera och silt) används s.k. kohesionspålar vars bärförmåga övervägande tas längs pålens mantelyta och nästan ingen kraft tas i pålspetsen.

Inom planområdet Börjetull kommer spetsburna pålar vara aktuella. Skarvade pålar kommer då slås igenom 0,5-3 m deponimassor och 10-15 m lera och så långt ned i åsmaterial tills att pålstopp erhålls. Pålängder är nu okänd då inga geotekniska undersökningar utförts. Då pålen slagits klar ner till pålstopp avbryts pålslagningen och pålkranen flyttas till nästa pålläge och arbetet med nästa påle påbörjas.

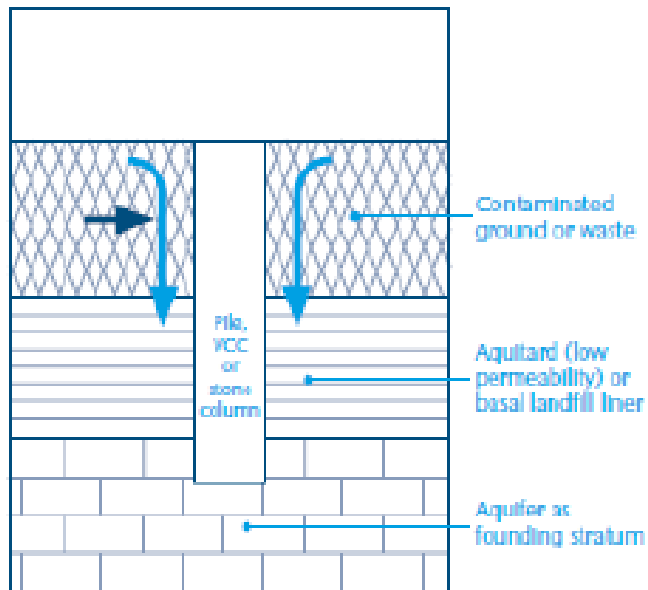
5. Kunskap och erfarenheter från internationell vägledning avseende pålning genom förorenad mark

SGI (Statens Geotekniska Institut) har på förfrågan från Länsstyrelsen i Uppsala län genom en kortare intern diskussion och litteratursökning kartlagt kunskapsläge och erfarenheter när det gäller pålning i förorenade områden. Kartläggningen har inte visat på några svenska rekommendationer eller riktlinjer, men däremot finns det vägledning från Storbritanniens och USAs motsvarigheter till Naturvårdsverket (Environmental Agency och US Environmental Protection Agency) samt från ett antal ytterligare vetenskapliga rapporter.

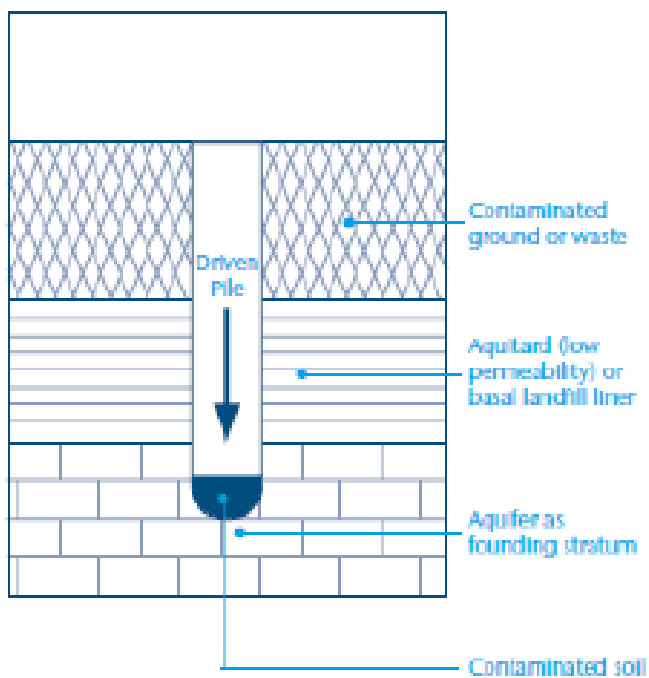
5.1 Vägledning från Storbritannien (*Environmental Agency*)

I vägledningen från Storbritanniens *Environmental Agency* beskrivs sex olika scenarier för potentiella föroreningsrisker vid pålning. För två av dessa är de geologiska förhållanden liknande de vid Librobäck, det vill säga med förorenade mark/avfall ovanpå en akvitard (alltså ett jordlager med mycket låg permeabilitet, t.ex. finkornig morän, siltavlagring eller lera), som i sin tur underlagras av permeabla jordlager t ex vattenförande kalkberggrund eller som i detta fall Uppsalaåsens grundvattenakvifer. I vägledningen redovisas en analys av:

- A. risk för att skapa preferentiella flöden (mycket snabba transportvägar) för nedåtgående transport av förorenat ytligt vatten/lakvatten, se figur 8
- B. risk för nedtryckning av förorenad jord vid pålning, se figur 9



Figur 8. Schematisk bild av risk för att skapa preferentiella flöden för nedåtgående transport av förorenat ytligt vatten/lakvatten till underliggande grundvattenakvifär i samband med pålning vid liknande geologiska förhållanden som vid Librobäck.



Figur 9. Schematisk bild av risk för nedtryckning av förorenad jord i underliggande grundvattenakvifär i samband med pålning vid liknande geologiska förhållanden som vid Librobäck.

5.1.1 **Scenario A;
Risk för preferentiella flöden vid neddrivning av pålar
(massundanträngande pålar¹)**

Jorden kring pålen är förtätad och höga påfrestningar induceras i den omgivande marken när massundanträngande pålar drivs ner. Dessa påfrestningar ökar med storleken på pålen och omfattningen av undanträngandet. I de flesta jordar tenderar dessa påfrestningar att tvinga jorden att stänga sig runt pålen, vilket innebär att utvecklingen av preferentiella flödesbanor runt utsidan av pålarna i allmänhet är osannolik. Används däremot korsformade- eller H-pålar är risken för att preferentiella flödesbanor skapas större.

Generellt anses det att om akvitardlagret är av en rimlig tjocklek och att pålar som drivs genom det har ett tvärsnitt utan inåtgående vinklar, är sannolikheten för att skapa preferentiella flöden för nedåtgående transport av lakvatten mycket låg.

Denna hypotes stämmer överens med de resultat som erhållits av Hayman et al (1993) och Boutwell et al (2000), se avsnitt 5.2. Tunna akvitarder, och särskilt tunna lager av styv lera, kan dock medföra en viss risk för att preferentiella flöden ändå uppstår. Det är enligt Boutwell emellertid inte fastställt att denna situation faktiskt skulle uppstå i praktiken.

5.1.2 **Scenario B;
Risk för nedtryckning av förorenad jord vid neddrivning av pålar
(massundanträngande pålar)**

Undanträngande pålar kan dra ner förorenat material när de penetrerar underliggande skikt. Detta kan uppstå genom en friktionsmekanism längs pålen eller genom att material trycks framför pålen. Geoteknisk forskning på neddrivna pålar har emellertid visat att graden av dessa effekter normalt är låga (Hayman et al, 1993; Boutwell et al, 2000). Det material som dras ned av axelfriktion förskjuts sannolikt inte mer än ett par centimeter, och teoretiska beräkningar av Boutwell et al. (2000) anger att högst några kilo jord kan skjutas före pålen, eftersom den primära jordförskjutningsmekanismen under pålning är horisontell. Men detta skulle också innebära medbringande av mjukt material som skulle påverka pålens bärförmåga. Det anses därför osannolikt att detta faktiskt inträffar i praktiken (Boutwell et al, 2000) menar att användning av en spetsig eller konvex påle bör minska mängden material som drivs ner med mellan 1 och 3 gånger (se nedan). Detta potentiella problem kan också minimeras genom användandet av små undanträngande pålar eftersom små sektioner tenderar att skära igenom eller skjuta undan material. Användandet av mindre påltvärsnitt bör dock ställas mot resonemangen i scenario A ovan, där ett större påltvärsnitt innebär ett ökat lateralt tryck och därmed en minskad risk för preferentiella flöden. Samma resonemang återkommer också i avsnitt 5.2 och 5.3 nedan.

¹ Uttrycket "massundanträngande pålar" används här som en motsvarighet till det engelska "Displacement piles" och som en motsats till "Replacement piles". Det handlar alltså om pålar som drivs ned i jorden med pålningsmaskin/pålhammare och som – till skillnad från pålar som placeras i förurgrävda eller förborrade hål – tränger undan jordmassorna på sin väg nedåt.

5.2

Vägledning från USA (EPA/Boutwell et al.)

De underlag från amerikanska EPA och särskilt Dr. Gordon Boutwell som presenteras i bl.a. *Final Report: Deep Foundations on Brownfields Sites och Pile Foundations – An Environmental Problem?*, överensstämmer väl med de brittiska underlagen och ömsesidigt refererande myndigheter och rapportförfattare emellan förekommer.

Generellt definieras i enlighet med det ovanstående tre mekanismer för potentiell vertikal förorening genom pålning (se figur 10 och 11): 1) Direkttransport av jord vid pålspetsen (en engångsföreteelse vid installation), 2) Ökat flöde i den zon som påldrivandet skapat innefattande skärningen påle-jord, 3) Flöde genom själva pålmaterialet.

Med geohydrologiska beräkningar (direkttransport) respektive modellförsök i laboratorium (vertikala flöden) har mekanismerna utretts i fråga om risk.

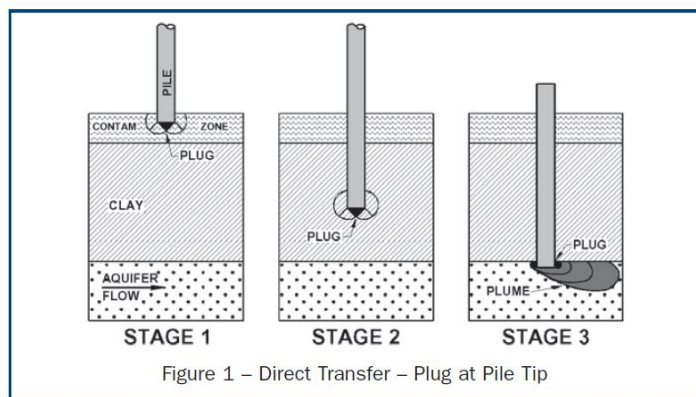


Figure 1 – Direct Transfer – Plug at Pile Tip

Figur 10. Skiss över direkttransport av jord vid pålspetsen

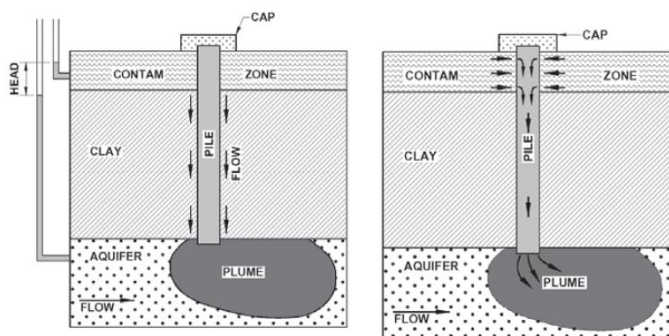


Figure 2 – Flow at Pile / Soil Interface

Figure 3 – Flow Through Pile Material

Figur 11. Skiss över ökat flöde i den zon som neddrivningen av pålen skapat innefattande skärningen påle-jord samt över flöde genom själva pålmaterialet.

Det konstateras att direkttransport av jord vid pålning är försumbar i samtliga fall utom i de allra mest förorenade områdena och detta oavsett spetsig eller slät

påle. Generellt sett anses den långsiktiga föroreningsspridningen från ett förorenat område vara ett större potentiellt miljöproblem.

Från flödesexperimenten drogs slutsatsen att de pålar som trycker undan mer material också skapar ett större lateralt tryck och därmed bättre tätning mot pålen. För rörpålar och behandlade träpålar syntes inga förhöjda risker för kontamination, medan pålar med H-tvårsnitt skapade avsevärt större flöden kring pålen. Även obehandlade träpålar hade, i och med sin uppsugande förmåga, en större påverkan på flödet.

Slutsatsen är, enligt EPA/Boutwell, att pålar kan drivas ner genom förorenade jordlager och vidare ner genom förorenade områden genom akvitarder utan större miljörisker i de underliggande lagren *under förutsättning att*:

- Pålarna är av ett lågpermeabelt material (stål eller möjligen betong) för att undvika interna flöden,
- Massundanträngande pålar, såsom rörpålar eller pålar med kvadratisk tvärsnitt, används för att i möjligaste mån utveckla det laterala tryck som behövs för att täta mot pålen.
- Pålen är spetsad för att undvika direkttransport. Den allmänna effekten är försumbar, och en spetsad påle utesluter närmast helt potentiell kontamineringsrisk.

5.3 **Vägledning från ytterligare källor**

Utöver de brittiska och amerikanska källorna med direkt myndighetskoppling har också ett antal fristående rapporter studerats.

I rapporten *Investigations of Pile Foundations in Brownfields* från 2008 konstaterar Satyamurthy et al. bl.a. att cirkulära, drivna pålar utgör en mindre risk för föroreningsspridning än platsgjutna, cirkulära eller kvadratiske pålar vid full genomträngning av akvitarden, samt att risken för föroreningstransport vid 95% akvitardgenomträngning och mindre är låg.

I rapporten *Deep Foundations Penetrating Mineral Sealing Barriers: Impacts on Hydraulic Flow and Contaminant Transport* konstaterar Achleitner et al. genom laborieförsök och numerisk modellering att flöden kan minimeras med lämpliga pålformer och att större massundanträngningspålar byggde upp stora tätande tryck.

Särskilt för klorerade lösningsmedel konstaterar Hayman et al. i rapporten *Foundation Piling as a Potential Conduit for DNAPL Migration* att: 1) pålar som drivs genom tunna förorenade lager till ett djupare vattenbärande lager inledningsvis kommer att bära med sig en begränsad och förhållandevis obetydlig mängd förorening och 2) att påle-jord-kontakten i lerlager inte kommer att erbjuda kanaler för vertikal föroreningsspridning ens när föroreningarna har en högre densitet än vatten. I och med sin uppsugande förmåga kan dock

obehandlade träpålar erbjuda en transportväg. Rapporten är från 1993, men citeras på flera håll i ovanstående underlag.

6. **Analys av risker vid pålning genom massor med föroreningshalter < PSRV inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3**

De geologiska förhållanden som råder i den f.d. deponin/lertäkten inom Börjetulls planområde, bedöms vara jämförbara med de förhållanden som redogörs för i vägledning från UK Environmental Agency och US Environmental Protection Agency, se avsnitt 5 ovan. Leran som underlagrar deponimassorna i den f.d. lertäkten utgör en mer än 10 meter mäktig akvitard, vilken i sin tur överlagrar Uppsalaåsens grundvattenförekomst. I nedanstående analys avser bedömningen risker vid pålning genom massor där föroreningshalterna begränsas till de platsspecifika riktvärdena *PSRV Boende/förskola och parkmark > 1 m* som tagits fram för Börjetulls planområde. Vid bedömningen beaktas även att hänsyn tagits till skydd av grundvatten vid beräkning av de platsspecifika riktvärdena, se avsnitt 3.4 ovan.

6.1 **Risk för förorening av djupt grundvatten från fyllnadsmassor ovanpå leran**

Vid neddrivningen av pålar kommer fyllningen, leran samt åsmaterialet pressas ut horisontellt och till viss del uppåt mot markytan vilket till viss del orsakar markhävning i markytan runt pålarna. Pålspetsens utformning innebär att knappt någon jord "följer med" pålen nedåt då underliggande jord mest sannolikt renar den jord som eventuellt fastnar på spetsen.

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* inom hela den f.d. deponin/lertäkten där det planeras för bostäder, redovisas i tabell 2 nedan. 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*

Tabell 2. 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 Boende/ förskola och parkmark > 1 m (mg/kg)	Förorenings- mängd (kg)
Arsenik	25	0,06
Barium	800	2
Bly	600	1,5
Kadmium	25	0,06
Kobolt	70	0,2
Koppar	400	1
Krom tot	400	1
Kvicksilver	1	0,002
Molybden	150	0,4
Nickel	120	0,3
Vanadin	200	0,5
Zink	700	1,7
PAH-L	60	1,5
PAH-M	15	0,04
PAH-H	15	0,04
Alifat >C10-C12	1000	2,5
Alifat >C12-C16	1000	2,5
Alifat >C16-C35	1000	2,5
Aromat >C10-C16	60	0,15
Aromat >C16-C35	40	0,1
TOTALT alla föroreningstyper		

Den beräknade föroreningsmängden bedöms som mest uppgå till 2,5 kg av en specifik föroreningstyp (olika alifatfraktioner). Den största uppskattade mängden av föroreningar med mycket hög farlighet enligt MIFO-metodiken, uppgår till 1,5 kg (bly och PAH-L). Som jämförelse kan nämnas att några kilo av en förorening med mycket hög farlighet (t ex arsenik, bly, kadmium, kvicksilver, PAH m.fl.) klassas som stor föroreningsmängd enligt MIFO-metodiken. Mängden föroreningar 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*, bedöms därmed vara liten.

Risken för att det djupa grundvattnet i Uppsalaåsen förorenas av jord i föroreningshalter i nivå med PSRV *Boende/förskola och parkmark > 1 meter* vid neddrivning av den typ av pålar som anges i avsnitt 4 bedöms därmed vara liten. Denna bedömning ligger i linje med de bedömningar som redovisas i vägledning från UK Environmental Agency och US Environmental Protection Agency.

6.2

Risk för förorening av djupt grundvatten från ytligt grundvatten

Generellt sett är föroreningsnivån i det ytliga grundvattnet inom Librobäck 7:2 och 7:3 låg. Bjerking har tidigare utvärderat lakbarheten av metaller i jord och kommit fram till att föroreningarna till största delen förekommer bundet till jordpartiklar. En liknande bedömning gäller för metaller som för PAH. Då metallers löslighet styrs av bland annat pH och redoxpotential skulle dock förutsättningar som råder i den djupa akvifären kunna innebära att mer av ämnena lakar ut där, än ytligare i markprofilen. Samtliga uppmätta metallhalter i det ytliga grundvattnet vid Rambölls undersökning understeg emellertid Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten. Uppmätta halter av bensen och bekämpningsmedel (BAM) överskred dock Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten en respektive fyra gånger.

Partikelbundna föroreningar t ex metaller och PAH, i ytligt mark-/grundvatten i deponimassorna ovan leran, kan föras med nedåt i marken i samband med neddrivning av pålen. Då lerlagret har bedömts vara åtminstone 10 – 13 m tjockt, bedöms dock huvuddelen fastläggas i leran, se avsnitt 6.1 ovan.

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. Undantag från detta kan ske då det förekommer artesiskt vatten i underliggande akvifär. Under de förhållandena kan kanaler bildas längs pålens periferi där vatten kan strömma upp. Vid Librobäck 7:2 och 7:3 har inga artesiska förhållanden noterats, då grundvattnets tryckyta ligger nere i leran. Förutsättningar för att kanaler ska kunna bildas är således mycket små.

Sammantaget bedöms risken för att det djupa grundvattnet i Uppsalaåsen skulle förorenas av det ytliga grundvattnet i f.d. deponin/lertakten som liten. Även denna bedömning ges stöd i vägledning från UK Environmental Agency och US Environmental Protection Agency, vilka anger att sannolikheten för att skapa preferentiella flöden för nedåtgående transport av lakvatten är mycket liten då akvitardlagret är av en rimlig tjocklek (vilket är fallet i Librobäck) och bland annat den typ av pålar som redovisas i avsnitt 4 används. Beträffande lerlagrets/akvitardens tjocklek är den ca 3 – 4 gånger tjockare vid Librobäck 7:2 och 7:3 än vad Naturvårdsverket anger som tillräcklig lermäktighet i allmänna råd för tillståndsprövning enligt 14 § SNFS 1997:2 rörande användning av kemiska bekämpningsmedel inom vattenskyddsområde; NFS 2000:7. Av dessa framgår att spridning av bekämpningsmedel kan tillåtas i begränsad omfattning inom inre skyddszon på områden med mullrika, mjåla- eller lerjordar utan djupgående torksprickor och av tillräcklig mäktighet som definieras som > 3 meter.

När det gäller klorerade alifater uppmättes något förhöjda halter av vinylklorid och 1,1-Dikloretan i det ytliga grundvattnet inom Librobäck 7:3 vid Bjerking's undersökning (Bjerking, 2014). Vid Rambölls undersökning 2016 uppmättes dock inga halter av klorerade alifater över laboratoriets detektionsgräns. Det finns därmed ingen indikation på att det förekommer någon omfattande förorening av klorerade alifater inom Librobäck 7:2 och 7:3. Med denna indikation tillsammans

med vad som anges i en av de källor som citeras av UK Environmental Agency och US Environmental Protection Agency (Hayman et al, 1993), bedöms det heller inte föreligga någon stor risk för vertikal förorenings-spridning av klorerade alifater.

7. Slutsats

Under förutsättning att den typ av pålar som anges i avsnitt 4 ovan används, bedöms risken för att det djupa grundvattnet i Uppsalaåsens grundvattenakvifer ska 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 grundas framför allt på de geologiska förhållanden som råder med en mäktig akvitard samt på att mängden föroreningar, som teoretiskt sett skulle kunna följa med vid neddrivning av pålar, bedöms vara liten. Vidare ger de förutsättningar som valts för de framtagna platsspecifika riktvärdena stöd för bedömningen, däribland skyddet för grundvatten. Stöd för denna bedömning ges även i vägledning av UK Environmental Agency och US Environmental Protection Agency samt av flera vetenskapliga rapporter.

Ramböll gör därmed bedömningen att de föreslagna platsspecifika riktvärdena i detta fall kan tillämpas i enlighet med Miljöförvaltningens meddelande daterat 2016-09-13, dnr 2015-006935-MI, utan att det ställs strängare krav gällande förekomst av markföroreningar än PSRV. Denna bedömning gäller även för andra delar av den f.d. deponin/lertäkten samt inom Börjetulls planområde under förutsättning att liknande förutsättningar råder. Det bör dock göras en bedömning avseende de platsspecifika förhållandena såsom lerlagrets (akvitardens) mäktighet i samband med en ansökan om dispens från skyddsföreskrifterna för vattenskyddsområde i varje enskilt fall.

8. Referenser

Achleitner et al. 2004. *Deep Foundations Penetrating Mineral Sealing Barriers: Impacts on Hydraulic Flow and Contaminant Transport*

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

Boutwell et al. 2004. *Pile Foundations – An Environmental Problem?*

UK Environment Agency, 2001. *Piling and Penetrative Ground Improvement Methods on Land Affected by Contamination: Guidance on Pollution Prevention*

Hayman et al, 1993. *Foundation Piling as a Potential Conduit for DNAPL Migration.*

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

Ramböll, 2016. Utkast PM *Miljöteknisk undersökning*. Marksanering Librobäck 7:2 och 7:3, Uppsala, 2016-10-13

Ramböll, 2017, Utkast PM *Miljöteknisk undersökning*. Marksanering Librobäck 7:2 och 7:3, Uppsala. PM Utkast, 2017- XX-

Satyamurthy et al. 2008. *Investigations of Pile Foundations in Brownfields*

UK Environment Agency (2002). Piling into contaminated sites.

US Environmental Protection Agency/ Boutwell et al, 2001. *Final Report: Deep Foundations on Brownfields Sites*

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