

HOLMEN AB

**Lännaholms bruk
Uppsala kommun**

Fördjupad miljöteknisk markundersökning

**Delrapport 1 –
Undersökningsresultat
inkl. kompletterande fältundersök-
ningar jan-juni 2009**

Datum:	2009-09-22
Diariernr:	2-0804-0297
Uppdragsnr:	13608
Uppdragsledare:	Bengt Rosén
Handläggare:	Maria Carling
Granskare:	Mikael Stark

Statens geotekniska institut

581 93 LINKÖPING Telefon: 013-20 18 00 Telefax: 013-20 19 14

Innehållsförteckning

1	SAMMANFATTNING	3
2	BAKGRUND	4
3	UPPDRAGETS OMFATTNING OCH SYFTE	4
4	OMRÅDESBESKRIVNING	5
4.1	LÄGE, MARKANVÄNDNINGSFÖRHÅLLANDEN	5
4.2	VERKSAMHETSHISTORIK	5
4.2.1	Förväntade föroreningar	8
4.3	HYDROGEOLOGISKA OCH GEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN	8
4.3.1	Topografi och geologisk uppbyggnad	8
4.3.2	Yt- och grundvattenförhållanden	9
4.3.3	Ledningar	10
5	UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR	11
5.1	TIDIGARE UNDERSÖKNINGAR	11
5.2	FÖRDJUPADE UNDERSÖKNINGAR – SGI 2008 - 2009	11
5.2.1	Fältundersökningar	13
5.2.2	Laboratorieundersökningar	15
6	UNDERSÖKNINGSRESULTAT	19
6.1	BAKGRUNDSHALTER OCH ANDRA JÄMFÖRVÄRDEN	19
6.1.1	Bakgrundshalter	19
6.1.2	Jämförvärden	20
6.2	FÖRORENINGAR I JORD	22
6.2.1	Metaller	22
6.2.2	Dioxiner/furaner och klorfenoler	25
6.2.3	Petroleumkolväten och PAH	28
6.3	FÖRORENINGAR I GRUNDVATTEN	29
6.3.1	Metaller	29
6.3.2	Dioxiner/furaner och klorfenoler	30
6.3.3	Petroleumkolväten och PAH	30
6.4	FÖRORENINGAR I SEDIMENT	31
6.5	FÖRORENINGAR I YTVATTEN	32
6.6	FÖRORENINGAR I BYGGMATERIAL	34
6.7	SAMMANFATTANDE BESKRIVNING AV FÖRORENINGSSITUATIONEN	34
7	AVGRÄNSNING OCH FÖRORENINGSMÄNGDER	36
7.1	AVGRÄNSNING AV FÖRORENINGAR	36
7.2	FÖRORENINGSMÄNGD	37
8	SPRIDNINGSFÖRHÅLLANDEN	38
8.1	SPRIDNINGSMÖNSTER OCH MOBILITET - ALLMÄNT	38
8.2	MÖJLIGA SPRIDNINGSVÄGAR	38
9	FORTSATT ARBETE	40
10	REFERENSER	41
BILAGOR		
BILAGA A	PROVTAGNINGSPLANER	
BILAGA B	FÄLTPROTOKOLL	
BILAGA C	RITNING PROVPUNKTER	
BILAGA D	DATA GRUNDVATTENRÖR	
BILAGA E	KOORDINATER PROVPUNKTER	
BILAGA F	ANALYSROTOKOLL	
BILAGA G	SAMMANSTÄLLNING - ANALYSRESULTAT	
BILAGA H	LAKFÖRSÖK	

**Lännaholms bruk
Uppsala kommun**

**Fördjupad miljöteknisk markundersökning
Delrapport 1 – undersökningsresultat, inkl. kompletterande fältundersökningar
jan – jun 2009**

1 SAMMANFATTNING

Vid Lännaholms bruk i Uppsala kommun har industriell verksamhet bedrivits sedan 1700-talet. Verksamheten har bl.a. omfattat både järnbruk och sågindustri. Doppning av virke med s.k. PCP-salt förekom under en period på 1950 - 1970-talet. Idag används området för lättare industri, kontor och viss försäljning.

Statens geotekniska institut (SGI) har på uppdrag av Holmen AB utfört en fördjupad miljöteknisk markundersökning för delar av Lännaholms bruk, med fokus på den tidigare sågverksamheten. Markundersökningen har omfattat provtagning i jord, yt- och grundvatten, sediment och byggmaterial. En första omgång utfördes i oktober 2008. Under jan - juni 2009 utfördes kompletterande provtagning och analyser. Proverna analyserades på laboratorium med avseende på metaller, dioxiner/furaner, klorfenoler, petroleumkolväten och PAH.

Resultaten från den fördjupade undersökningen 2008-2009 har utvärderats tillsammans med resultat från en översiktlig undersökning som utfördes av Ramböll 2006-2007. Detekterade halter i jord har jämförts med Naturvårdsverkets (NV) nya generella riktvärden för förorenad mark (2008-10-24), i första hand för mindre känslig markanvändning (MKM). Sammanfattningsvis kan föroreningssituationen beskrivas i följande punkter:

- Fyllningsmaterial runt doppningsplatsen har förhöjda halter av metaller och dioxin. Zinkhalten liksom halten dioxiner överskrider MKM-riktvärdet.
- Ytlig jord inom de områden som tidigare använts som virkesupplag (delområde 9) innehåller ställvis dioxinhalter över NV:s riktvärden för MKM.
- Föroreningar (petroleumkolväten, dioxin) i grundvatten påträffades, men halterna är låga.
- För sediment syns ett allmänt påslag av metallföroreningar i området kring bruket, men halterna är låga. Förhöjda dioxinhalter (under MKM-riktvärdet för jord) detekterades i sedimentprovet nedströms bruksområdet.
- En viss föroreningspåverkan i ytvatten syns, men halterna är låga.
- Förhöjda halter av dioxin påträffades på byggmaterial, främst golvprov.

Den dioxinförorenade jorden upptar uppskattningsvis en ca 900 m² stor yta kring doppningsplatsen. Dioxinförorening bedöms främst förekomma på nivån 0-0,5 m under markytan. Mängden förorening (dioxin) beräknas till ca 5 g inom det avgränsade området. De förhöjda metallhalter som påvisats i jord runt doppningskaret bedöms härröra från järnbruksverksamheten. Restprodukter från järnbruksverksamheten har använts som fyllnadsmaterial inom stora delar av bruksområdet.

SGI föreslår att arbetet med huvudstudien nu går vidare i nästa steg. Detta omfattar en revidering av den preliminära riskbedömningen, varefter en resultatpassad åtgärdsutredning och riskvärdering tas fram.

2 BAKGRUND

Vid Lännaholms bruk (Löt 1:14 och 1:22) i Uppsala kommun har industriell verksamhet bedrivits sedan 1700-talet. Verksamheten har bl.a. omfattat både järnbruk och sågindustri.

Området har undersökts översiktligt i två tidigare utredningar (Golder, 1992 och Ramböll, 2007). De översiktliga markundersökningarna har pekat på förorening av metaller från den tidigare järnbruksverksamheten och på förorening av bl.a. klorfenol och dioxin från den tidigare sågverksamheten.

Statens geotekniska institut (SGI) har på uppdrag av Holmen AB utfört en fördjupad miljöteknisk markundersökning för delar av Lännaholms bruk i Uppsala kommun, med fokus på den tidigare sågverksamheten. Den fördjupade miljötekniska markundersökningen utgör en del i en s.k. huvudstudie avseende Lännaholms bruk.

3 UPDRAGETS OMFATTNING OCH SYFTE

Syftet med den fördjupade miljötekniska markundersökningen är att klargöra förekomst och utbredning av föroreningar som har orsakats av *tidigare sågverksamhet*. Eventuell miljöpåverkan från järnbruksverksamheten beaktas endast i de fall då järnbruks- och sågverksamhet medfört förorening på samma plats.

Den fördjupade miljötekniska markundersökningen har omfattat:

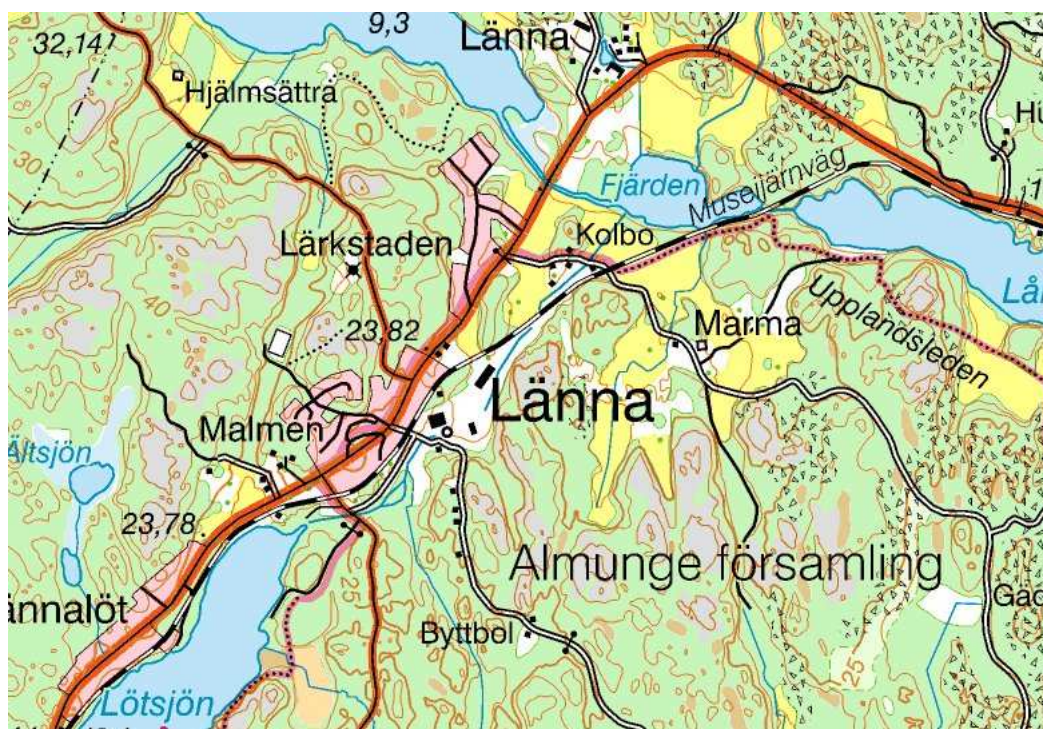
- provtagning i jord, yt- och grundvatten, sediment och byggmaterial
- laboratorieanalyser av utvalda prover
- utvärdering av resultat, inkl. beskrivning av föroreningsutbredning

I arbetet inkluderas även resultat från tidigare undersökningar (SGI, 2008). I föreliggande rapport redovisas en resultatsammanställning och beskrivning av föroreningssituationen. Rapporten ska ligga till grund för det fortsatta arbetet med en s.k. huvudstudie för Lännaholms bruk (fördjupad riskbedömning, åtgärdsutredning, riskvärdering).

4 OMRÅDESBESKRIVNING

4.1 Läge, markanvändningsförhållanden

Lännaholms bruk är beläget i samhället Lännaholm, ca 20 km öster om Uppsala, se Figur 4-1. Området innefattar fastigheterna Löt 1:14 och Löt 1:22. Fastigheterna gränsar till museijärnvägen Uppsala-Lenna järnväg.



Figur 4-1. Karta över Lännaholms bruk med omgivning. Copyright Lantmäteriet 2004-11-09. Ur Din Karta och Sverigebild™.

Idag används lokalerna på området för kontor, försäljning och lättare industriverksamhet. Marken domineras av grusade eller gräs- och slybeväxta ytor. Markanvändningen inom området förutsätts kunna klassas som mindre känslig markanvändning (MKM) enligt Naturvårdsverkets definition, eftersom fastigheterna används som industrimark. Området är inhägnat, vilket innebär att allmänheten har begränsad tillgänglighet.

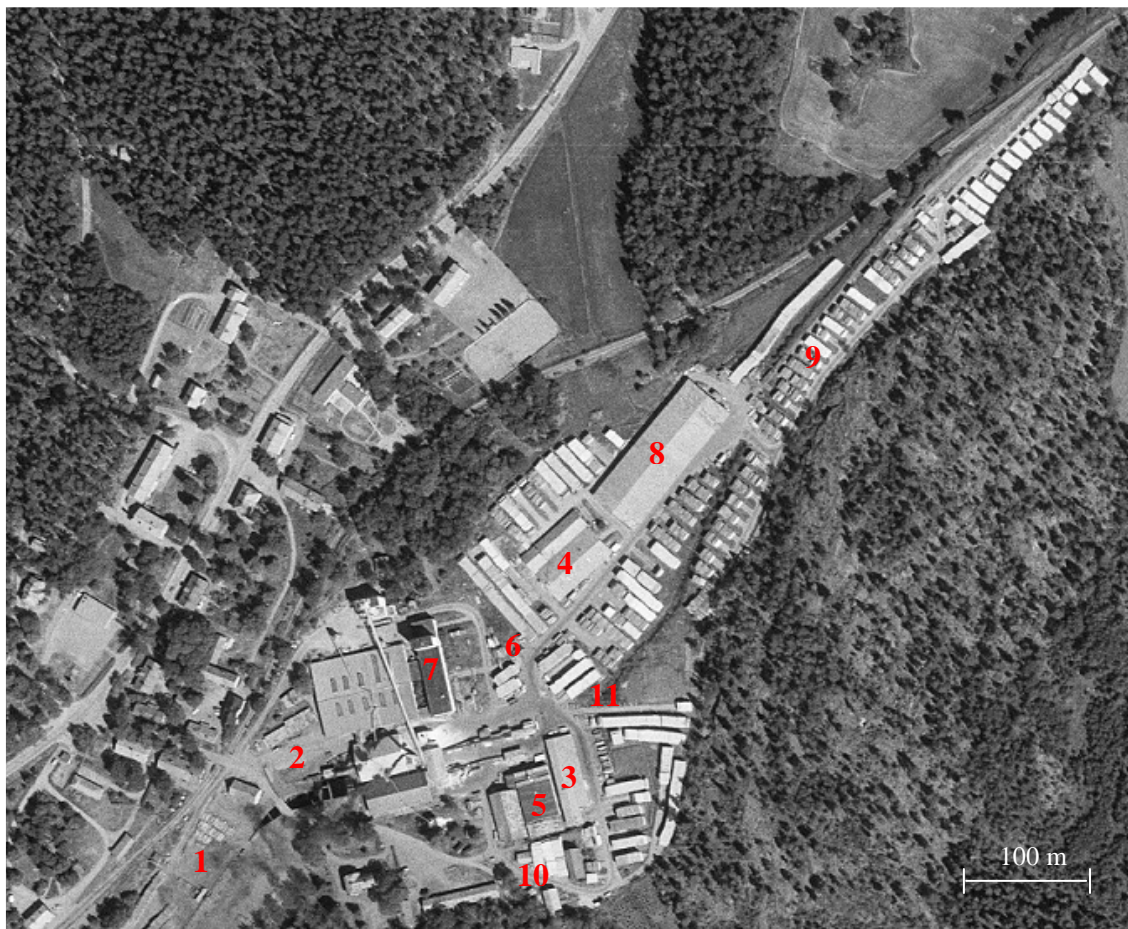
4.2 Verksamhetshistorik

Inom Lännaholms bruksområde bedrevs både järnbruks- och sågverksamhet. I mitten av 1700-talet anlades en masugn på området. Byggnaden finns idag kvar, se Figur 4-2. I masugnen framställdes bl.a. tackjärn. Som råvara användes framför allt järnmalm från Dannemora gruvor. I den s.k. Dannemoramalmén är järnmalmen skiktad med sulfidmalm, vilket innebär att arsenik och zink förekommer. Det var vanligt att avfall från de gamla järnbruken (främst slagg från masugnar) användes som utfyllnad i omgivande mark eller vattenområden (Ramböll, 2007). S.k. slaggflis eller slaggtegel (gjutna block) användes även som byggmaterial. Förutom tungmetaller kan järnbruksverksamheten ha givit upphov till PAH-föreningar genom att trä- och stenkol användes i masugnarna.



Figur 4-2. Den gamla masugnen vid Lännaholms bruk.

Sedan början av 1900-talet har diverse trävaruindustrier bedrivit verksamhet på platsen. En översikt av området ges på flygfotot från 1971 (Figur 4-3), då sågverksamheten var i full gång.



Figur 4-3. Flygbild från 1971 över Lännaholms Bruk. 1=timmersortering, 2=lagerplats (slaggrester och barkning), 3=kap, 4=gamla torkhuset, 5=nya torkhuset, 6=dopningskar, 7=förvaring av tunnor med PCP-salt, 8=virkeslada, 9=virkesupplag (stabbar, finns över stora ytor inom bruksområdet), 10=dieseltank med handpump, 11=ytvattendrag, markeringen avser slutet av kulvertering. Norr uppåt.

Råvaror omlastades och barkades vid infarten till bruket. Sågat virke torkades i två olika torkhus. Det äldsta torkhuset är rivet, medan det nya torkhuset idag används för småindustriell verksamhet. En del av det sågade virket doppades i träskyddsmedel. Efter dopningen förvarades virket på öppna ytor som s.k. stabbar. Doppningsverksamheten kan enligt uppgift ha påbörjats i slutet av 1950-talet och pågick en bit in på 1970-talet. Doppning skedde i ett öppet oskyddat kar utomhus och pågick året om. Uppsamling av överskottsvätska skedde med hjälp av en "krage" runt karet. Enligt muntliga uppgifter tömdes förbrukad vätska direkt på marken. Placeringen av dopningskaret framgår av flera flygfoton från 1970-talet. På en serie flygbilder från olika årtal syns dopningskaret från och med 1970, men saknas på flygbilder från 1966 och tidigare. Det innebär att dopningsverksamheten startade i slutet av 1960-talet. En betongplatta från det f.d. dopningskaret finns idag kvar på marken, se Figur 4-4. Som dopningsmedel användes pentaklorfenolsalt (PCP-salt) som blandades med vatten till en 1 %-ig lösning. År 1971 uppgick förbrukningen av PCP-salt till 5 000-6 000 kg. PCP-salt förbjöds som dopningsmedel i Sverige 1978. Tunnor med impregneringssalt förvarades före tillblandning i den närliggande fabriksbyggnaden. Efter dopningen förvarades virket på öppna ytor inom bruksområdet.



Figur 4-4. En betongplatta finns i dag kvar på marken där doppningskaret var placerat.

4.2.1 Förväntade föroreningar

- *Klorfenoler*. Vid dopningen användes s.k. PCP-salt med pentaklorfenol som verksam beståndsdel. Klorfenoler är förhållandevis lätttröliga och kan med tiden lakas ur jordprofilen och föras bort med grundvattnet.
- *Dioxiner/furaner* förekommer ofta som förorening i klorfenolbaserade träskyddsmedel. Dioxiner/furaner är mycket svårösliga i vatten och fastläggs till stor del i jordlagrens översta skikt.
- *Olja*. Eventuellt spill från arbetsmaskiner kan orsaka oljeförorening i mark och grundvatten. I närheten av nya torkhuset fanns tidigare en dieseltank.
- *Metaller*. Inom hela bruksområdet finns fyllningsmaterial bestående av restprodukter (t.ex. slagg) från den tidigare järnbruksverksamheten. Fyllningen, som kan innehålla metallföroreningar, finns även inom de delar av bruksområdet som använts för sågverksamhet.
- *PAH*. Fyllningsmaterial med restprodukter från järnbruksverksamheten kan innehålla PAH-förorening som kommer från trä- och stenkol som användes i processen. PAH-förorening kan också förekomma i anslutning till oljeförorening.

4.3 Hydrogeologiska och geologiska förhållanden

4.3.1 Topografi och geologisk uppbyggnad

Höjdskillnaderna inom området är små. Området är i huvudsak flackt, men sluttar svagt neråt mot ost-nordost. Öster om bruksområdet reser sig berg i dagen.

De naturliga jordarterna i området utgörs, enligt SGU:s jordartskarta och utförda fältundersökningar, av lera eller sandig morän. Berg i dagen förekommer. Inom stora delar av

området överlagras de naturliga jordarterna av fyllnadsmassor, bestående av bl.a. slagg-, kol- och tegelrester dvs. restprodukter från järnbruket. Fyllningen är i huvudsak av grusig, sandig karaktär. Fyllnadsmassornas mäktighet varierar mellan 0,5-2,5 m inom det undersökta området. Jordartsförhållanden i aktuella provpunkter redovisas i fältprotokoll, se Bilaga B.

4.3.2 Yt- och grundvattenförhållanden

Det finns inga kända grundvattentäkter inom bruksområdet. Närmsta vattentäkt ligger uppströms bruksområdet, dels i norr ca 350 m norr om den stora fabrikslokalen, dels ca 400 m sydsydost om densamma (uppgifter från SGU:s brunnsarkiv).

Grundvattenytans läge varierar inom bruksområdet. I samband med fältundersökningen i oktober 2008 uppmättes grundvattennivån ca 1,7 - 2,9 m under markytan. I Tabell 4-1 och Figur 4-5 redovisas uppmätta grundvattennivåer inom området vid provtagningen 2008-10-10. Grundvattennivåerna i regionen var normala för årstiden (SGU-grundvattennätet). Någon uppgift om grundvattennivå vid undersökningen 2006 (Ramböll, 2007) finns inte.

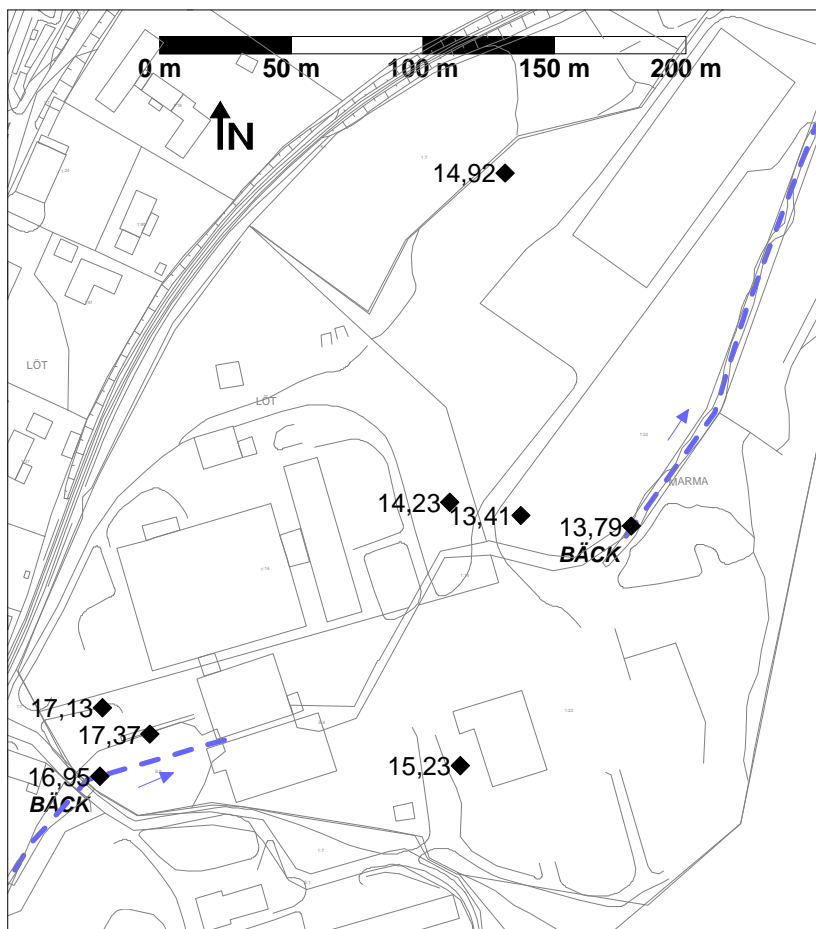
Tabell 4-1. Grundvattennivåer i oktober 2008.

Gv-rör	Grundvattennivå (m ö h)	Grundvattennivå (m u my)
GV-REF	14,92	1,7
GV-102	17,37	1,9
GV-103	17,13	2,8
GV-107	15,23	1,9
GV-120	13,41	2,9
R-PG4	14,23	1,7

Grundvattnets huvudsakliga strömningsriktning bedöms vara mot nordost. Området avvattnas primärt mot den bäck som rinner genom området.

Den hydrauliska konduktiviteten i jorden har inte undersökts, men varierar generellt beroende på jordart. Schablonmässigt är den hydrauliska konduktiviteten i lera $<10^{-9}$ m/s och $10^{-8} - 10^{-6}$ m/s i sandig morän (Grip & Rodhe, 1985).

I östra delen av bruksområdet rinner en bäck, som delvis är kulverterad. Bäckens avrinner åt nordost mot sjöarna Fjärden och Långsjön. Långsjön utgör kommunal ytvattentäkt. I nordöstra delen av bruksområdet, nära fastighetsgränsen, finns ett vattenfyllt dike i bergets släntfot.



Figur 4-5. Uppmätta grundvattennivåer i grundvattenrör i oktober 2008 samt avvägd vattennivå i bäcken. Bäckfåran är markerad med streckad linje. Genom fabriksområdet är bäcken kulverterad.

4.3.3 Ledningar

Eventuella vatten- och avloppsledningar i marken kan ha en dränerande inverkan på omgivande mark och kan också utgöra spridningsvägar för föroreningar. Några ledningskartor över området har inte funnits tillgängliga inom föreliggande undersökning. Kontakt med en tidigare anställd har inte heller gett klarhet i ledningarnas läge. I samband med de utförda markundersökningarna upptäcktes någon typ av brunn (tvåkammarbrunn?) utmed mitten av den avlånga fabriksbyggnadens östra sida samt ytterligare en inspektionsbrunn mellan fabriksbyggnaden och dopningsplatsen (se lokalisering Figur 4-3).

5 UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

5.1 Tidigare undersökningar

Området har undersökts översiktligt i två tidigare utredningar:

- *Miljöbedömning av mark med avseende på arsenik m.m., Lännabruk, Uppsala kommun – Delrapport 1 och 2, Golder Geosystem AB 1992.*

Jordprov från bruksområdets östra del (omkring och sydväst om befintlig virkeslada) analyserades med avseende på krom, koppar och arsenik. Förhöjda halter av arsenik påträffades i två av tio jordprov.

- *Översiktlig miljöteknisk markundersökning och riskklassning enligt MIFO fas 2. Lännaholms bruk. Ramböll Sverige AB 2007.*

Totalt nio provgropar grävdes i fyra delområden, där ett av delområdena utgjordes av platsen för dopkning av virke. Provgropsgrävning och provuttag skedde ner till ca 2 m under markytan, varefter jordprov för analys valdes ut (i huvudsak ytliga prov). Jordproven analyserades med avseende på metaller, PAH och klorfenoler. Ett jordprov från området kring doppningskaret analyserades m.a.p. dioxiner/furaner. Påträffade metallföroreningar (As, Cd, Pb, Zn) bedömdes enligt undersökningen främst vara knutna till markens fyllnadsmaterial. Föroreningar från doppningsverksamheten (klorfenoler och dioxiner) påträffades i området kring det f.d. doppningskaret. Ett grundvattenprov från platsen kring doppningskaret visade på påverkan av klorfenol.

Resultat från den senare undersökningen (Ramböll, 2007) har inarbetats i den sammanställning av resultat och utvärdering av föroreningssituationen som utförts i föreliggande uppdrag. SGI har inte haft tillgång till den första utredningen (Golder, 1992).

5.2 Fördjupade undersökningar – SGI 2008 - 2009

Inom ramen för huvudstudien har SGI utfört fördjupade undersökningar av jord, yt- och grundvatten, sediment och byggmaterial inom Lännaholms bruk. Syftet med de fördjupade undersökningarna har varit att klargöra förekomst, utbredning och spridning av föroreningar orsakade av den tidigare sågverksamheten.

Inför genomförandet av fältarbetet inom Lännaholms bruksområde upprättades en provtagningsplan med beskrivning och riktlinjer för arbetet. Provtagningsplanen baserades på resultat från tidigare undersökningar samt information om tidigare verksamhet på området. En rekognoscering på plats gjordes 2008-06-03 med representanter från Holmen AB, tillsynsmyndigheten (länsstyrelsen) och SGI. Vid platsbesöket deltog också två tidigare anställda vid bruket. Provtagningsplanen, som utformades i samråd med bolaget och godkändes av tillsynsmyndigheten 2008-10-01, bifogas som Bilaga A. Inför fältundersökningen delades bruksområdet in i olika delområden (jämför Figur 4-3), utgående från bl.a. markanvändning och tidigare verksamhet. Följande delområden bedömdes som intressanta för provtagning:

Delområde 2	Lagerplats
Delområde 6	Dopningskar
Delområde 7	Fabriksbyggnad
Delområde 9	Virkesupplag
Delområde 10	Dieseltank
Delområde 11	Ytvattenrecipient

För de olika delområdena utformades olika provtagningsstrategier, se Bilaga A.

Undersökningarna omfattade:

- Provtagning i jord i totalt 16 punkter ner till ca 2 m under markytan (i enstaka punkter till 4 m djup). Analys på laboratorium av ett urval jordprover.
- Ytlig jordprovtagning i 25 punkter inom industriområdet och analys på lab av samlingsprov.
- Installation av sju grundvattenrör i jord.
- Provtagning och analys av grundvatten (i nyinstallerade rör + ett befintligt)
- Provtagning och analys av byggmaterial.
- Provtagning och analys av sediment.
- Provtagning och analys av referensmaterial (grundvatten, jord, sediment).
- Lakförsök på samlingsprov.

Följande avvikelser gjordes jämfört med provtagningsplanen (2008-09-12):

Delområde 2 (lagerplats)	Två grundvattenrör installerades istället för planerade tre. Det var inte möjligt att installera ett centralt placerat grundvattenrör, eftersom den centrala delen av den tidigare lagerplatsen idag utgörs av en grusad köryta.
Delområde 6 (dopningskar)	Provtagning i ca 15 punkter planerades. Provtagning i 14 punkter utfördes. Provpunkternas placering fick justeras i fält utifrån körytor, uppställd utrustning etc. Vattentillgången var begränsad i flera av de nyinstallerade grundvattenrören. Det innebär att inte alla planerade vattenanalyser kunde utföras och en prioritering fick göras.
Delområde 7 (fabriksbyggnad)	Tre samlingsprov togs istället för planerade fem. Något avlopp eller fläktutlopp (dvs. andra möjliga provpunkter) hittades inte i lokalen.

Med utgångspunkt från undersökningsresultaten och en preliminär riskbedömning utarbetades ett förslag till kompletterande undersökningar av området. Detta finns beskrivet i en provtagningsplan (Bilaga A), som godkändes av tillsynsmyndigheten (e-post 2009-06-01). En avstämning gjordes med den preliminära riskbedömning som togs fram inför det kompletterande fältarbete (SGI, 2009b). Utöver vad som beskrivits i denna utfördes även kompletterande provtagning av byggmaterial i februari 2009 (SGI, 2009a).

De kompletterande undersökningarna under perioden januari – juni 2009 omfattade:

- Provtagning i jord i totalt 10 punkter ner till ca 2 m under markytan. Analys på laboratorium av ett urval prover.
- Kompletterande laboratorieanalyser på delprov från virkesupplaget (delområde 9) på tidigare analyserade samlingsprov.
- Provtagning och analys av ytvatten (bäcken) med hjälp av passiva provtagare.
- Provtagning och analys av golvmaterial (samlingsprov) i fabriksbyggnaden.

Följande avvikelser gjordes jämfört med provtagningsplanen (2009-04-28):

Delområde 11 (recipient)	Passiva provtagare för analys av dioxin kompletterades med passiva provtagare för metaller, enligt önskemål från tillsynsmyndigheten. De passiva provtagare för metallanalys som sattes ut nedströms området hängde vid tidpunkt för upptagande i luften, dvs. var inte placerade i rinnande vatten. Detta kan ha påverkat de analyserade halterna.
-----------------------------	---

Utförda fält- och laboratorieundersökningar under 2008-2009 beskrivs nedan.

5.2.1 Fältundersökningar

Fältundersökningarna utfördes vid ett flertal tillfällen:

<i>Datum</i>	<i>Personal</i>	<i>Moment</i>
2008-10-06 – 2008-10-10	Maria Carling, SGI och Stig Gustavsson, Pentacon	Provtagning av jord, sediment, grundvatten, byggmaterial
2009-02-17	Maria Carling, SGI	Provtagning av byggmaterial
2009-06-02	Maria Carling, SGI och Stig Gustavsson, Pentacon	Provtagning av jord, utsättning av passiva provtagare (ytvatten)
2009-06-30	Maria Carling, SGI	Upptag av passiva provtagare (ytvatten)

Fältprotokoll från undersökningarna finns redovisade i Bilaga B. Provpunkternas placering finns redovisade på ritning i Bilaga C.

- *Skruvborrprovtagning*

Skruvborrprovtagning utfördes i totalt 26 provpunkter inom området. Provtagning utfördes med borrhandsvagn som tillsammans med skruvar och annan utrustning rengjorts före fältarbetet. Borrdjupet varierade mellan 2,0-4,0 m under markytan. Jordarter, lagerföljd, grundvattennivå och eventuella synliga föroreningar noterades i fältprotokoll för samtliga provpunkter, se Bilaga B. Samlingsprov togs från varje halvmeter. I något fall stannade endast lite material kvar på skruven (p.g.a. jordens kornstorlek) och provet fick då omfatta ett större djupintervall. I de fall där särskilda skikt noterades, provtogs dessa separat. Samtliga jordprov togs som dubbelprov. Proven placerades i särskilda plastpåsar avsedda för jordprovtagning. Efter provtagningen valdes ett mindre antal prover ut för laboratorieanalys.

Jordprov från området runt den f.d. dieseltanken undersöktes i fält med PID-instrument. Resultaten från PID-mätning redovisas i fältprotokoll. Med utgångspunkt från resultat från PID-mätningarna valdes prover för laboratorieanalys ut.

- *Ytlig jordprovtagning*

En ytlig jordprovtagning utfördes inom de delar av industriområdet där impregnerat virke tidigare lagts upp (Figur 5-1).



Figur 5-1. Provtagning i ytlig jord vid tidigare virkesupplag.

Provtagningen utfördes med spade i ytlig jord (0-0,2 m u my) i fem olika delområden (Samling 1 – Samling 5), se Figur 6-4. Inom varje delområde togs fem enskilda jordprov (A-E). Jorden sparades i plastpåsar avsedda för jordprovtagning. Utifrån de enskilda proven skapades samlingsprov, ett samlingsprov från varje delområde. I en första analysomgång analyserades samlingsproven, i en andra kompletterande analysomgång även delprov från samling 1, samling 3 och samling 4.

Ett referensprov i jord togs i ytlig jord i skogspartiet öster om industriområdet. Referensprovet togs i form av ett samlingsprov från fem olika provpunkter inom en radie av ca 10 m.

- *Installation av grundvattenrör i jord*

Grundvattenrör av ofärgad PEH-plast (63/50 mm) installerades i uppborrade skruvborrhål i jord. Totalt installerades sju grundvattenrör på industriområdet. Grundvattenrörens spets sattes på 2,4 - 4,2 meters djup under markytan. Data avseende grundvattenrören redovisas i Bilaga D.

- *Grundvatten – provtagning och nivåmätning*

Grundvattenprov togs ur totalt åtta grundvattenrör den 10 oktober 2008. Provtagningen utfördes två dygn efter att de nya rören installerats. Flertalet grundvattenrör omsattes dagen innan provtagning. Grundvattenrören GV-105 omsattes inte p.g.a. mycket dålig tillrinning av vatten och GV-104 omsattes inte p.g.a. provtagningstekniska problem. Provtagning utfördes med bailer. Även det äldre grundvattenrör som installerades i en provgrop vid den översiktliga undersökningen 2006 utnyttjades för provtagning. Data avseende detta rör redovisas också i Bilaga D.

Vattennivåerna i grundvattenrören inom området mättes innan provtagningen 2008-10-10 med hjälp av ljus/ljud -lod. Resultaten redovisas i Bilaga D.

- *Provtagning av sediment*

Sediment i den bäck som rinner genom området provtogs 2008-10-06. Bäckens är delvis kulverterad genom industriområdet. Provtagning skedde utan redskap med handskbeklädd hand i form av samlingsprov (ca 10 delprov) vid tre olika provpunkter i bäcken; uppströms bruket (dvs. ett referensprov), vid kulvertens utlopp samt nedströms området. Provpunkternas placering redovisas i Figur 6-6. Vattendjupet i bäcken varierade mellan 0,1-0,7 m.

- *Provtagning av ytvatten*

Med hjälp av s.k. passiva provtagare från ALS Scandinavia AB undersöktes föroreningshalterna i bäcken. Provtagarna sattes ut 2009-06-02 och togs in 2009-06-28, dvs. de var utplacerade totalt 4 veckor. Provtagarna var av olika typer, PS Organic och PS Metal och sattes ut enligt laboratoriets instruktioner. Provtagarna placerades dels uppströms bruksområdet, dels nedströms området, se Figur 6-7. Vid upptagningstillfället mättes vattentemperaturen.

- *Provtagning av byggmaterial*

I den långsmala fabriksbyggnad där doppningskemikalier tidigare förvarats togs vid undersökningsomgången hösten 2008 prov på byggmaterial (betongväggar). Provtagning skedde med hjälp av kniv och mejsel. Proven utgjordes av tre olika samlingsprov från olika delar i byggnaden; den södra kortsidan (SGI-bygg 1) samt den västra respektive östra långsidan (SGI-bygg 2 respektive SGI-bygg 3). Provmaterialet bestod av damm och avskrapad ytlig betong. Något avlopp eller fläktutlopp (dvs. andra möjliga provpunkter) hittades inte i lokalen.

Vid en kompletterande provtagning i februari 2009 användes huggmejsel för att ta prov på betonggolvet. Proven togs i form av två samlingsprov à tre delprov (Bygg 09A och Bygg 09B) och utgjordes av ytlig betong.

- *Inmätning*

Provpunkter från skruvborring (104 – 120 samt 201-210) mättes in med hjälp av GPS av Stadsbyggnadskontoret, Uppsala kommun. Noggrannheten anges till någon cm i x- och y-led. Även nyinstallerade grundvattenrör samt det äldre grundvattenröret (R-PG4) mättes in (x-, y- och z-led). I samband med inmätningen gjordes även en avvägning av vattennivån i den bäck som rinner genom området.

Provpunkter för ytlig jordprovtagning samt sedimentprovtagning mättes in i samband med provtagning med enkel handhållen GPS. Noggrannheten är upp till ett par meter, men sämre i vissa provpunkter med dålig täckning. I efterhand justerades koordinaterna mot kartmaterial.

Samtliga provpunkters koordinater finns redovisade i Bilaga E. Koordinatsystemet är RT 90 2,5 gon V, höjdsystem RH2000.

5.2.2 Laboratorieundersökningar

Samtliga laboratorieanalyser utfördes av ALS Scandinavia AB, som är ett ackrediterat laboratorium. Beteckningar på använda analyspaket presenteras i Tabell 5-1. Laboratorieprotokollen redovisas i sin helhet i Bilaga F. De viktigaste analysresultaten finns sammanställda i Bilaga G.

Tabell 5-1. ALS Scandinavias analyspaket som användes vid Lännaholms bruk.

Parameter	Jord/sediment	Grundvatten	Byggmaterial	Ytvatten (passiva provtagare)
Metaller	M1c	V2		PSM-1, PSM-3
Petroleumkolväten + PAH	OJ-21h	OV-21h		
Klorfenoler	OJ-7	OV-7		
Dioxiner/furaner	OJ-22	OV-22	OJ-22	PSO-4

- *Jord*

Av jordproven som togs med skruvborr skickades ett urval in till laboratorium för analys. I Tabell 5-2 - Tabell 5-3 nedan redovisas vilka prover från skruvborrning vid de olika provtagningsomgångarna som analyserades på lab och vilka analyser som utfördes. I provtagningsomgången juni 2009 analyserades i första hand ytliga prov från provpunkterna närmast dopningsplatsen. Vid en preliminär utvärdering av analysresultaten bedömdes inte analys av ytterligare prov som nödvändiga.

Tabell 5-2. Laboratorieanalyser utförda på jordprover från skruvborrning, okt 2008.

Provpunkt	Nivå (m u my)	Metaller	Petroleum- kolväten + PAH	Klorfenol	Dioxiner/ furaner
104	0-07	x	x		x
	0,7-1,2				x
	1,2-1,6	x	x		
106	0,6-0,8				x
107	2,0-2,5		x		
108	1,5-2,0		x		
109	0-0,5	x	x		x
	0,5-1,0	x	x		
110	0-0,6	x	x		x
111	0-0,8	x	x	X	x
	1,0-1,5	x	x		
112	0-0,5			X	x
	0,5-1,0				x
113	0-0,5	x	x	X	x
	0,5-1,0				x
114	0-1,0				x
115	0-0,7			X	x
	0,7-1,0				x
	1,0-1,5				x
116	0-0,5				x
	0,5-1,0				x
117	0-1,0	x	x	X	x
	1,0-2,0				x
118	0-1,0				x
120	0-0,5	x	x		x

Tabell 5-3. Laboratorieanalyser utförda på jordprover från skruvborrning, juni 2009.

Provpunkt	Nivå (m u my)	Metaller	Dioxiner/ furaner
202	0-0,5	x	x
204	0-0,5	x	x
206	0-0,5	x	x
207	0-0,5	x	x
209	0,03-1,0	x	x
210	0,1-0,5	x	x

De ytliga samlingsprov som togs hösten 2008 (Saml 1, Saml 2, Saml 3, Saml 4, Saml 5 och Ref) analyserades samtliga med avseende på metaller, petroleumkolväten och dioxiner/furaner. Vid den kompletterande analysomgång som utfördes på delprov från Saml 1, Saml 3 och Saml 4 analyserades endast dioxiner/furaner.

Totalt utfördes 47 dioxinanalyser, 22 metallanalyser, 5 klorfenolanalyser och 18 analyser med avseende på petroleumkolväten och PAH på olika jordprov.

På ett samlingsprov med fyllningsmaterial från sex olika provpunkter (se Tabell 5-4) utfördes lakförsök i form av tvåstegs skakförsök, SS-EN 12457-3. Lakvattnen analyserades med avseende på metaller. Lakförsöket utfördes vid SGI:s laboratorium i Linköping. Resultaten från lakförsöken redovisas i Bilaga H.

Tabell 5-4. Delprov som användes för samlingsprov till lakförsök.

Provpunkt	Nivå (m u my)
104	0-0,7
109	0-0,5
110	0-0,6
111	0-0,8
117	0-1,0
120	0-0,5

- *Grundvatten*

Totalt 8 grundvattenprov analyserades. I några av grundvattenrören var vattentillgången begränsad, vilket innebar ett färre antal analyser än planerat. I Tabell 5-5 redovisas analyserade parametrar för respektive grundvattenprov. Metallanalyser utfördes på filtrerade prov. För organiska parametrar dekanterades samtliga prov före analys.

Tabell 5-5. Laboratorieanalyser utförda på grundvattenprov.

Provpunkt	Metaller	Petroleum- kolväten	Klorfenol	Dioxiner/ furaner	DOC
GV-REF	x	x		x	
GV 102	x	x			
GV 103	x	x			
GV 104	x	x			
GV 105	x				
GV 107		x			
GV 120	x	x	x		x
R-PG4	x	x	x	x	x

- *Sediment*

De tre sedimentproven (SED 1, SED 2 och SED 3) analyserades alla med avseende på metaller, petroleumkolväten/PAH och dioxiner.

- *Ytvatten*

De passiva provtagarna var avsedda för an- och katjoner respektive dioxin. Analys av metaller, arsenik och fosfor samt dioxin utfördes.

- *Byggmaterial*

De fem proven på byggmaterial (Bygg 1, Bygg 2 och Bygg 3 respektive Bygg 09A och Bygg 09B) analyserades med avseende på dioxiner.

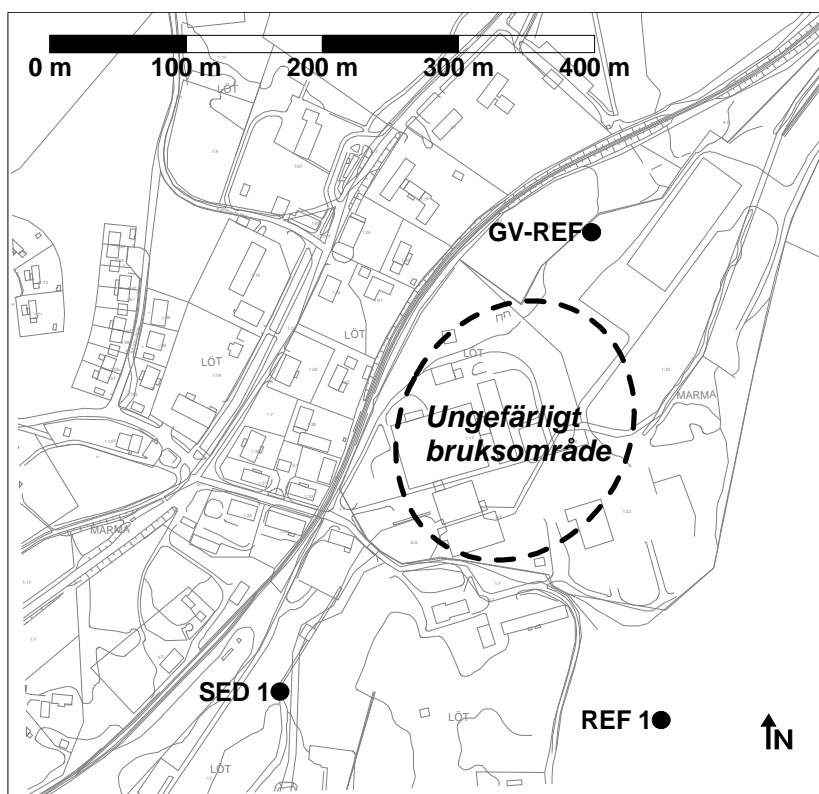
6 UNDERSÖKNINGSRESULTAT

6.1 Bakgrundshalter och andra jämförvärden

För en bedömning av föroreningsituationen vid Lännaholms bruk görs en jämförelse både med aktuella bakgrundshalter och med relevanta rikt- och gränsvärden, bl.a. Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark (Naturvårdsverket, 2008). I den fördjupade riskbedömningen som utförs i ett senare skede, tas även platsspecifika riktvärden fram.

6.1.1 Bakgrundshalter

För att kunna bedöma de lokala bakgrundshalterna i närområdet provtogs jord, grundvatten och sediment i form av referensprov utanför själva industriområdet. Jord- och sedimentprov togs i form av samlingsprov. I Figur 6-1 presenteras provpunkternas läge.



Figur 6-1. Provpunkter för bestämning av bakgrundshalter (referensprover).

I Tabell 6-1 redovisas resultat från referensprovtagningarna.

Tabell 6-1. Bakgrundshalter i jord, sediment och grundvatten utanför Lännaholms bruk. n.d. = not detectable, dvs. under detektionsgränsen.

	Jord (mg/kg TS)	Sediment (mg/kg TS)	Grundvatten (µg/l)
Arsenik	10,8	7,3	0,54
Koppar	11,6	29,8	2,7
Krom	18,5	12,2	0,37
Kadmium	0,34	0,58	0,033
Bly	29	24,5	0,013
Zink	116	270	2,12
Dioxiner o furaner (TCDD ekv. WHO-TEQ)	5,4 ng/kg TS	6,9 ng/kg TS	n.d.
PAH L*	n.d.	n.d.	n.d.
PAH M*	n.d.	n.d.	n.d.
PAH H*	n.d.	n.d.	n.d.
Alifater >C8-C16	n.d.	n.d.	n.d.
Alifater >C16-C35	n.d.	23	31
Aromater >C8-C10	n.d.	n.d.	0,27
Aromater >C10-C35	n.d.	n.d.	n.d.

* PAH L – polycykliska aromatiska kolväten med låg molekylvikt, tidigare del av PAH övriga.
PAH M – polycykliska aromatiska kolväten med medelhög molekylvikt, tidigare del av PAH övriga.
PAH H – polycykliska aromatiska kolväten med hög molekylvikt, tidigare PAH canc + benso(ghi)perylen.

För flertalet metaller är halterna i det referensprov för jord som tagits i skogsmark sydost om bruksområdet jämförbara med normala bakgrundshalter i Sverige (NV, 1999a). Halterna av bly och zink är något förhöjda.

En jämförelse av uppmätta metallhalter i det referensprov på sediment som togs uppströms Lännaholms bruk med NV:s bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag (NV, 1999c) visar att halterna generellt är låga. Petroleumkolväten finns inte naturligt i vattendrag. Eftersom alifater >C16-C35 påvisades i sedimentprovet tyder det på en mänsklig påverkan. Halten är dock låg.

De uppmätta metallhalter i grundvattnet (referensprovet) är låga, dvs. ”ingen eller obetydlig avvikelse från jämförvärdet” enligt NV:s bedömningsgrunder för grundvatten (NV, 1999b). Även låga halter petroleumkolväten detekterades i grundvattnet.

6.1.2 Jämförvärden

För förorening i jord används i första hand Naturvårdsverkets nya generella riktvärden för jord (NV, 2008) som jämförvärden, se Tabell 6-2. I tabellen redovisas både riktvärden för MKM (mindre känslig markanvändning) och känslig markanvändning (KM). Med den markanvändning som är aktuell vid Lännaholms bruk (dvs. industriområde) är det MKM-värdena som i första hand är relevanta som riktvärden. I ett senare skede av huvudstudien kommer platsspecifika riktvärden att tas fram.

Tabell 6-2. Generella riktvärden för förorenad jord (mg/kg TS).

Ämne	Naturvårdsverket,	Naturvårdsverket,
	2008 (MKM)	2008 (KM)
Arsenik	25	10
Koppar	200	80
Krom	150	80
Kadmium	15	0,5
Bly	400	50
Zink	500	250
Dioxiner o furaner (TCDD ekv. WHO-TEQ)	0,0002	0,00002
S:a klorfenoler	3	0,5
PAH L	15	3
PAH M	20	3
PAH H	10	1
Alifater >C5-C16	500	100
Alifater >C16-C35	1000	100
Aromater >C8-C10	50	10
Aromater >C10-C16	15	3
Aromater >C16-C35	30	10

Livsmedelsverkets dricksvattenkriterier kan användas som jämförelse för uppmätta halter i grundvatten. I Tabell 6-3 listas dessa parametrar. För grundvatten finns även Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet (Naturvårdsverket; 1999a, b) där uppmätta metallhalter kan relateras till olika effekterrelaterade tillståndsklasser.

Tabell 6-3. Dricksvattenkriterier (Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten, SLV 2001:30).

Ämne	
Arsenik	10 µg/l
Bly	10 µg/l
Kadmium	5 µg/l
Koppar	2 mg/l

Några svenska riktvärden för dioxiner och klorfenoler finns inte. Som en vägledning för haltnivåer används i stället nederländska riktvärden (RIVM, 2001). Det nederländska värdet för SRC (Serious Risk Concentration) anges för dioxiner/furaner till 3,1 pg/l (=0,0031 ng/l) angivet som toxiska ekvivalenter och för klorfenoler till 85 µg/l (RIVM, 2001).

För metaller i sediment finns Naturvårdsverkets bedömningsgrunder och tillståndsklassning (Naturvårdsverket, 1999c). För övriga ämnen används de generella riktvärdena för jord som jämförelse, Tabell 6-2 ovan.

6.2 Föroreningar i jord

6.2.1 Metaller

Inom stora delar av bruksområdet finns fyllning som antas härröra från järnbruksverksamheten. Metaller analyserades både i ytlig jord (samlingsprover tagna 0-0,2 m under markytan) inom de delar av bruket som använts som virkesupplag (delområde 9) och i anslutning till det f.d. doppningskaret (delområde 6).

Metallhalterna i den undersökta ytliga jorden är överlag låga. Inget av de ytliga samlingsproven från delområde 9 innehöll metallhalter som överskred det generella riktvärdet för mindre känslig markanvändning (NV, 2008). I två av proven (Samling 3 och Samling 4) överskreds dock det generella riktvärdet för känslig markanvändning för arsenik respektive kadmium och zink.

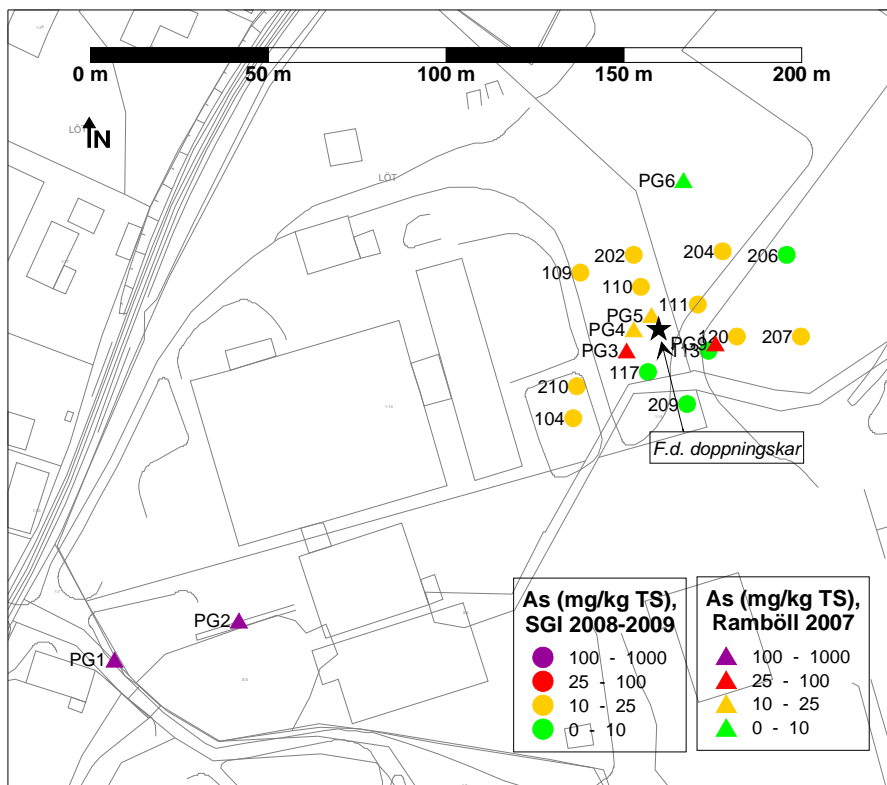
I Tabell 6-4 sammanställs resultaten för prover tagna i området kring f.d. doppningskaret (delområde 6) vid SGI:s provtagning i oktober 2008 och juni 2009. Av tabellen framgår att metallhalterna (arsenik, kadmium, nickel, bly och zink) i flertalet provpunkter är förhöjda. I sex provpunkter (109, 111, 120, 202, 207 och 210) överskreds det generella riktvärdet för MKM, för zink. I flertalet provpunkter överskreds riktvärdet för känslig markanvändning (KM) för flera andra metaller. Av tabellen framgår också att halterna generellt är lägre på djupare nivåer, dvs. metallföroreningarna återfinns i fyllningen medan underliggande naturligt material inte är påverkat. Arsenik och zink är ämnen som hör ihop med den sulfidhaltiga Dannemora-malmen som användes i järnbruket.

Resultaten överensstämmer i stort med vad som framkom i den översiktliga markundersökningen utförd av Ramböll (2007), men halterna var överlag högre i den undersökningen. Halter av både arsenik, zink och bly överskred i Rambölls undersökning MKM-riktvärdet i flera provpunkter runt doppningskaret.

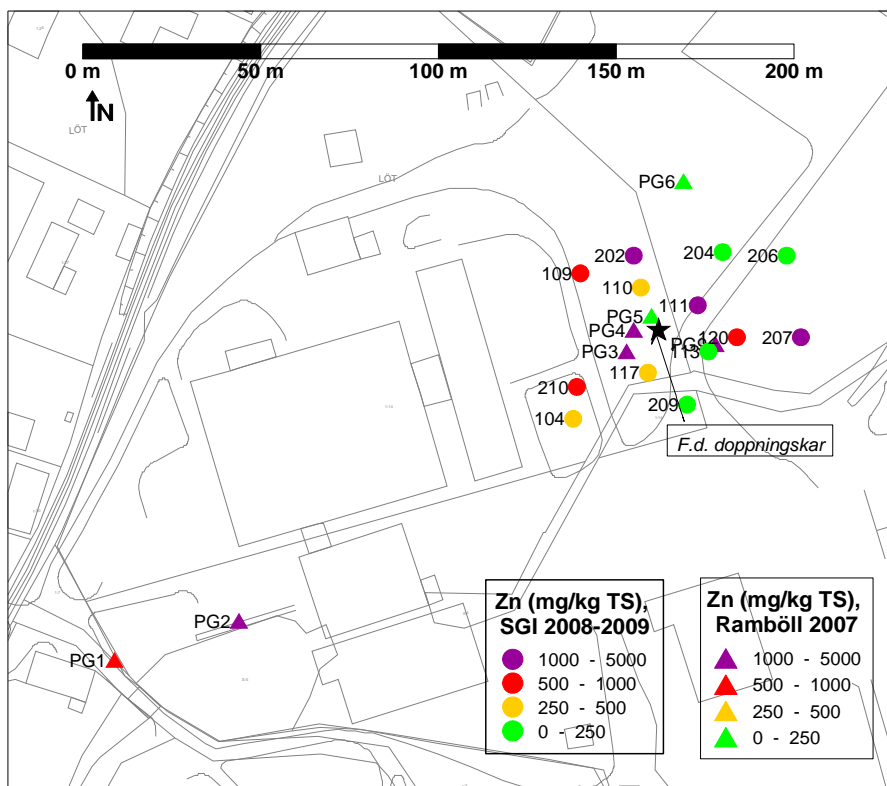
Tabell 6-4. Metallhalter (mg/kg TS) i provpunkter runt doppringsplatsen samt NV:s generella riktvärden för förorenad mark (NV, 2008). MKM= mindre känslig markanvändning, KM=känslig markanvändning.

Provpunkt	Nivå (m u my)	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
104	0-0,7	11,8	0,83	10,4	16,9	9,58	24,2	376
	1,2-1,6	4,79	0,294	58,3	35,6	49,7	23,2	154
109	0-0,5	23,4	2,58	20	28,9	15,6	44,3	976
	0,5-1,0	7,13	0,175	26,1	23,9	17,3	12,1	87,2
110	0-0,6	19,8	0,524	14,9	19,6	11,0	35,3	256
111	0-0,8	15,6	3,11	3,63	13,6	3,75	144	1 550
	1,0-1,5	8,54	0,194	57,5	42,6	42,2	21,0	155
113	0-0,5	<3	0,131	11,9	17,0	12,1	20,0	60,2
117	0-1,0	6,07	0,83	38,1	45,2	80,7	30,9	404
120	0-0,5	13,1	4,57	17,7	20,2	14,6	49,7	713
202	0-0,5	12,0	5,45	8,83	17,1	6,11	302	4 260
204	0-0,5	15,8	0,255	17,8	16,7	16,3	14,6	75,9
206	0-0,5	<3	<0,1	9,28	12,6	5,21	12,5	37,6
207	0-0,5	15,3	3,36	23,9	23,6	16,0	81,7	1 870
209	0,03-1,0	4,02	0,106	6,49	10,9	4,71	13,2	72,3
210	0,1-0,5	17,6	2,16	25,1	53,1	20,6	353	636
NV riktvärde MKM		25	15	150	200	120	400	500
NV riktvärde KM		10	0,5	80	80	40	50	250

I Figur 6-2 - Figur 6-3 redovisas den detekterade halten av arsenik respektive zink i olika provpunkter. I figurerna är även resultat från den tidigare undersökningen (Ramböll, 2007) inkluderade. Det är värt att notera att i två provpunkter (Ramböll PG9 och SGI 113) som ligger mycket nära varandra är skillnaden stor mellan de detekterade arsenik- och zinkhalterna (och även bly och kadmium), vilket tyder på att föroreningsutbredningen är heterogen. Jordprov från Rambölls undersökning (2007) vid den tidigare lagerplatsen (delområde 2) uppvisade halter av arsenik och zink betydligt över MKM-riktvärdet.



Figur 6-2. Arsenik-halten i olika provpunkter. NV riktvärde KM= 10 mg/kg TS, NV riktvärde MKM=25 mg/kg TS. Siffrorna anger provpunktsnummer.



Figur 6-3. Zink-halten i olika provpunkter. NV riktvärde KM=250 mg/kg TS, NV riktvärde MKM= 500 mg/kg TS. Siffrorna anger provpunktsnummer.

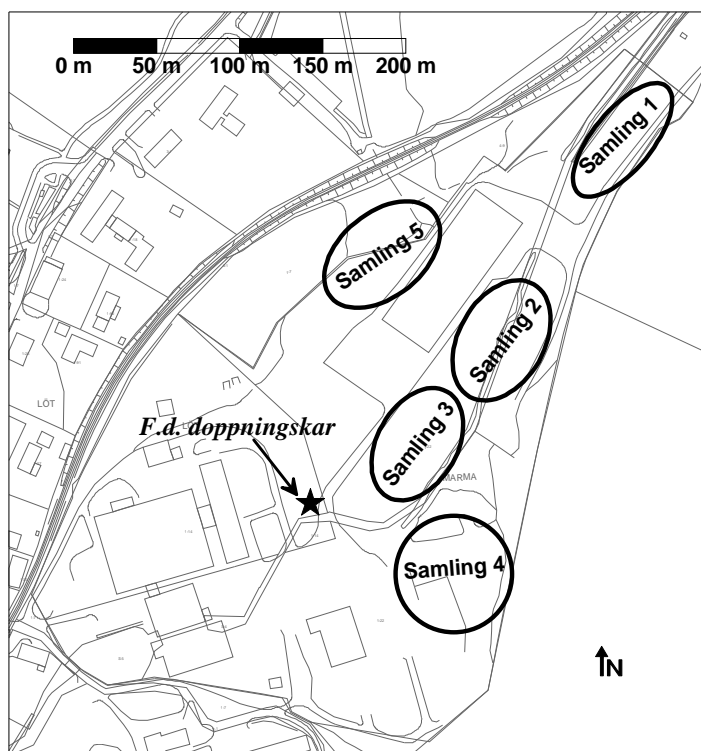
6.2.2 Dioxiner/furaner och klorfenoler

Dioxin analyserades dels i ytliga prover från delområde 9 (f.d. virkesupplag), dels på jordprov från flertalet provpunkter i delområde 6 (området runt doppningskaret). De ytliga jordproven från virkesupplaget analyserades i ett första skede som samlingsprover. För samlingsprov där analysresultatet visade på förhöjda föroreningshalter, gjordes även kompletterande analys av delprov. För proven 201-210 (juni 2009) analyserades i ett första steg ytliga prov. Eftersom analysresultaten inte visade på halter över MKM-riktvärdet, gjordes inga analyser på djupare prov. Resultaten är sammanställda i Tabell 6-5 och Tabell 6-6.

Tabell 6-5. Detekterade halter av dioxiner/furaner i ytliga samlingsprov (0-0,2 m u my) från områden som tidigare använts för virkesupplag (delområde 9). Enhet: ng/kg TS.

Provpunkt	Dioxiner/furaner (S:a WHO—PCDD/F-TEQ) i samlingsprov	Dioxiner/furaner (S:a WHO—PCDD/F-TEQ) i delprov
Saml. 1	28	12-49
Saml. 2	7,3	-
Saml. 3	230	4,8-490
Saml. 4	87	12-110
Saml. 5	12	-
NV riktvärde - MKM	200	
NV riktvärde - KM	20	

Samlingsprov 3 överskrider det generella riktvärdet för mindre känslig markanvändning MKM). Detta prov är taget inom ett område nordost om den tidigare doppningsplatsen, se Figur 6-4. Av analys av delproven framgår att halterna varierar kraftigt inom området. Även inom två andra delområden (samlingsprov 1 och samlingsprov 4) är halten dioxin förhöjd, men överskrider inte det generella riktvärdet för MKM, varken för samlingsprov eller delprov.



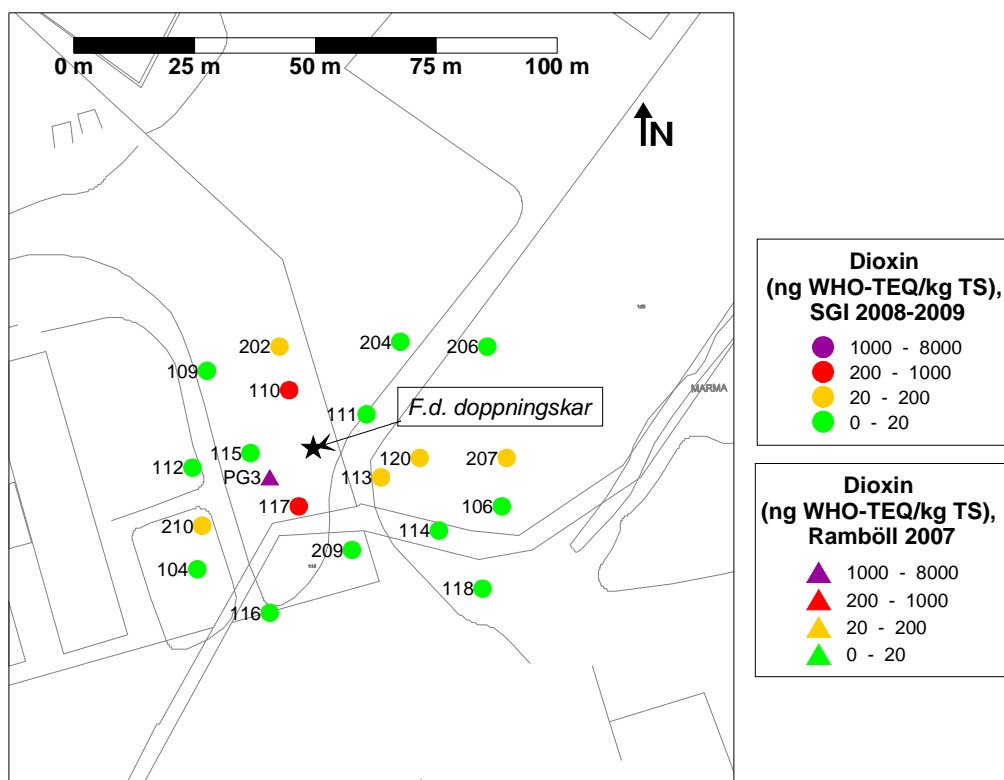
Figur 6-4. Områden för ytlig jordprovtagning (samlingsprov).

Enstaka prov i området runt doppningskaret överskrider det generella riktvärdet för MKM, se Tabell 6-6. Förorening förekommer i huvudsak i det ytligare jordlagret, med undantag för provpunkt 117, där höga dioxinhalter detekterades även på nivån 1,0-2,0 m under markytan. I den översiktliga markundersökningen (Ramböll, 2007) gjordes endast dioxinanalys på ett prov, från provgropp PG3 i anslutning till den f.d. doppningsplatsen. I rapporten redovisas dioxinhalten 7 800 ng/kg TS för detta prov, vilket är betydligt högre än de halter som rapporteras i SGI:s undersökningar 2008-2009.

Tabell 6-6. Detekterade halter av dioxiner/furaner i prov från området runt doppningskaret (delområde 6). Enhet: ng/kg TS.

Provpunkt	Nivå (m u my)	Dioxiner/furaner (S:a WHO— PCDD/F-TEQ)	Provpunkt	Nivå (m u my)	Dioxiner/furaner (S:a WHO— PCDD/F-TEQ)	
104	0-0,7	7,8	116	0-0,5	3,5	
	0,7-1,2	1,7		0,5-1,0	1,7	
106	0,6-0,8	3,3	117	0-1,0	260	
109	0-0,5	19		1,0-2,0	200	
110	0-0,6	870	118	0-1,0	4,6	
111	0-0,8	5	120	0-0,5	24	
112	0-0,5	7,5	202	0-0,5	45	
	0,5-1,0	1,8		204	0-0,5	2,8
113	0-0,5	190	206	0-0,5	16	
	0,5-1,0	3,6	207	0-0,5	24	
114	0-1,0	5,4	209	0,03-1,0	2,9	
	0-0,7	12		210	0,1-0,5	26
	0,7-1,0	1,5				
	1,0-1,5	1,7				
NV riktvärde - MKM		200				
NV riktvärde - KM		20				

I Figur 6-5 nedan presenteras analyserade dioxinhalter i provpunkter runt doppningskaret. Även provet från tidigare undersökning (Ramböll, 2007) är inkluderat i figuren. Av figuren framgår att det är i jord i området närmast doppningskaret som dioxinhalter över MKM-riktvärdet förekommer.



Figur 6-5. Dioxin i jord (0-1 m under markytan) runt doppningskaret. NV riktvärde KM=20 ng/kg TS (WHO-TEQ), NV riktvärde MKM=200 ng/kg TS (WHO-TEQ). Siffrorna anger provpunktsnummer.

Även klorfenoler analyserades i ett urval av proverna från området kring doppningsplatsen. Resultaten redovisas i Tabell 6-7 nedan. I två av proven var halterna under detektionsgränsen, i de tre övriga proverna var halterna låga.

Tabell 6-7. Halt klorfenol i jordprov runt doppningsplatsen.

Provpunkt	Nivå (m u my)	Pentaklorfenol (mg/kg TS)	S:a klorfenoler (mg/kg TS)
111	0-0,8	0,02	0,02
112	0-0,5	<0,02	<0,2
113	0-0,5	0,33	0,41
115	0-0,7	<0,02	<0,3
117	0-1,0	0,1	0,1
NV riktvärde - MKM		-	3
NV riktvärde - KM		-	0,5

Även i Rambölls (2007) undersökning analyserades klorfenoler. Två prov (PG3 och PG5) uppvisade halter över MKM-riktvärdet, i övrigt var halterna låga.

6.2.3 Petroleumkolväten och PAH

Analys av petroleumkolväten och PAH utfördes dels på ett urval av prov från dopningsplatsen (delområde 6), dels på ytliga samlingsprov från områden som utnyttjats för virkesupplag (delområde 9) och dels invid den plats där en dieseltank tidigare fanns (delområde 10).

Sammanfattningsvis förekommer petroleumförorening och PAH-er i låga halter i enskilda provpunkter, se Tabell 6-8. Tyngre alifater (fraktionen >C16-C35) detekterades i totalt sex prov. För övriga alifatiska fraktioner (>C8-C16) är halten under detektionsgränsen. Endast ett prov uppvisar förhöjda halter av aromater (provpunkt 108 invid tidigare dieseltank). Även PAH-er förekommer sporadiskt i låga halter inom bruksområdet. Samlingsprov 3 och 4 skiljer sig något från övriga samlingsprov, med påvisbara halter av både alifater >C16-C35 och PAH-er. Dessa samlingsprov är också de med högst dioxinhalter, se avsnitt 6.2.2 ovan. Inget av de analyserade proven innehåller halter av petroleumkolväten eller PAH över de generella riktvärdena. Resultaten överensstämmer med de från den tidigare undersökningen (Ramböll, 2007) där PAH analyserades i fyra provgröpar i anslutning till dopningsplatsen.

Tabell 6-8. *Petroleumkolväten och PAH i provpunkter inom Lännaholms bruk. För alifater och aromater redovisas inte fraktioner där halten är under detektionsgräns i samtliga provpunkter. n.d. = not detectable, dvs. under detektionsgränsen. Enhet: mg/kg TS.*

Provpunkt	Nivå (m u my)	Alifater >C16-C35	Aromater >C8-C10	PAH L	PAH M	PAH H
104	0-0,7	n.d.	n.d.	n.d.	0,66	0,96
	1,2-1,6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
109	0-0,5	n.d.	n.d.	n.d.	0,58	0,83
	0,5-1,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
110	0-0,6	n.d.	n.d.	n.d.	0,29	n.d.
111	0-0,8	n.d.	n.d.	n.d.	0,19	0,11
	1,0-1,5	35	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
113	0-0,5	63	n.d.	n.d.	1,05	0,27
117	0-1,0	12	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
120	0-0,5	n.d.	n.d.	n.d.	0,29	n.d.
107	2,0-2,5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
108	1,5-2,0	36	0,3	0,1	0,49	0,21
Saml. 1	0-0,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Saml. 2	0-0,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Saml. 3	0-0,2	10	n.d.	0,26	0,78	0,32
Saml. 4	0-0,2	23	n.d.	n.d.	0,73	n.d.
Saml. 5	0-0,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
NV riktvärde MKM		1000	50	15	20	10
NV riktvärde KM		100	10	3	3	1

6.3 Föroreningar i grundvatten

6.3.1 Metaller

I Tabell 6-9 redovisas detekterade halter av metaller i de undersökta grundvattenproven. Sammantaget visar resultaten på en allmän föroreningspåverkan på grundvattnet i området, men halterna är överlag låga. Inget av proven överskrider Livsmedelsverkets dricksvattenkriterier, SLV 2001:30, se 6.1.2 ovan. Halterna är överlag i samma storleksordning som, eller något högre än, halterna i referensprovet GV-REF.

Jämfört med ”normala” bakgrundshalter (s.k. jämförvärden enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, NV rapport 4915) avviker detekterad halt arsenik (GV 102, GV 103) och halt kadmium (GV 102, GV 120). En jämförelse kan också göras med de effektrelaterade tillståndsklasser som finns i Naturvårdsverkets (1999b) bedömningsgrunder för grundvatten för parametrarna arsenik, kadmium, bly och zink. Generellt är detekterade halter av dessa ämnen låga.

Tabell 6-9. Detekterade metallhalter ($\mu\text{g/l}$) i grundvattenprov (filtrerade prov). Färgmarkeringen avser benämning enligt NV:s tillståndsklasser.

Provpunkt	Referenspunkt	Delomr 2 - lagerplats		Delomr 6 - Doppning			
	GV-REF	GV 102	GV 103	GV 104	GV 105	GV 120	R-PG4
As	0,536	4,61	1,84	0,826	0,949	0,643	1,01
Cd	0,0333	0,106	0,0611	0,0121	0,0135	0,190	0,0839
Pb	0,0129	0,0501	0,0134	0,0353	<0,01	0,076	<0,01
Zn	2,12	11,6	5,12	4,14	2,19	1,35	9,47

Benämning enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (NV, 1999b) för effektrelaterade tillståndsklasser:

	Mkt hög halt
	Hög halt
	Måttligt hög halt
	Låg halt
	Mkt låg halt

För övriga metaller saknas bedömningsgrunder eller tillståndsklasser. I Tabell 6-10 redovisas halterna av krom, koppar och nickel. Värt att notera är de kraftigt förhöjda halterna av krom i GV 104 och GV 105 (för GV 105 ca 100 ggr högre än referensprovet). Detta kan eventuellt ha ett samband med att GV-104 och GV-105 inte hade omsatts och att tillrinningen var låg i GV-105. Den förhöjda kromhalten är dock att betrakta som ”mindre allvarlig”, vid indelning av tillstånd enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för förorenade områden (NV, 1999a).

Tabell 6-10. Detekterade metallhalter ($\mu\text{g/l}$) i grundvattenprov (filtrerade prov).

Provpunkt	Referenspunkt	Delomr 2 - lagerplats		Delomr 6 - Doppning			
	GV-REF	GV 102	GV 103	GV 104	GV 105	GV 120	R-PG4
Cr	0,373	0,109	0,239	12,6	38	0,0464	0,117
Cu	2,69	11,6	2,05	1,87	4,64	0,909	2,94
Ni	2,21	2,94	2,57	1,61	5,70	2,08	1,01

De detekterade halterna i R-PG4 från SGI:s undersökning 2008 är betydligt lägre än de halter som redovisas från grundvattenprov i den tidigare undersökningen (Ramböll, 2007). Sannolikt var detta prov inte filtrerat, vilket innebär att även lösta partiklar i grundvattnet inkluderats i analysen, vilket kan vara en förklaring till de högre halterna. Det normala förfaringssättet är att grundvattenprov filtreras, antingen i fält eller på laboratorium, innan analys.

6.3.2 Dioxiner/furaner och klorfenoler

Vattentillgången var begränsad i flera av grundvattenrören. Dioxiner/furaner samt klorfenoler analyserades därför bara i enstaka provpunkter. Proverna dekanterades innan analys. Analysresultaten är sammanställda i Tabell 6-11. Halten klorfenol är i båda proven under detektionsgränsen. Grundvatten innehåller normalt mycket låga halter av dioxiner/furaner. De kan sällan detekteras i opåverkade grundvatten. I referensröret (GV-REF) är samtliga analyserade dioxin-kongener under detektionsgränsen. I grundvattenrör R-PG4 som ligger i direkt anslutning till den tidigare dopningsplatsen detekterades dioxin. Halten, omräknat i toxiska ekvivalenter, är 0,0026 ng/l vilket är under det nederländska s.k. SRC-värdet för grundvatten (0,0031 ng/l).

Tabell 6-11. Detekterade halter av dioxin, klorfenol och DOC i grundvatten.

Provpunkt	Enhet	Referenspunkt	Delomr 6 - dopning	
		GV-REF	GV 120	R-PG4
S:a klorfenoler	µg/l		<4,8	<1
Dioxiner/furaner (S:a WHO—PCDD/F-TEQ)	ng/l	<0,003*		0,0026
DOC	mg/l		8,2	7,9

* detektionsgränsen varierar mellan olika prov, bl.a. beroende på provets volym och grumlighet.

6.3.3 Petroleumkolväten och PAH

Petroleumkolväten och PAH-er analyserades på ett urval prover. Proven dekanterades före analys. Inte i något prov kunde PAH-er påvisas. Resultaten avseende petroleumkolväten finns sammanställda i Tabell 6-12. Observera att detektionsgränsen varierar mellan olika prov (bl.a. beroende på provmängd).

Tabell 6-12. Petroleumkolväten i grundvatten. Endast fraktioner av alifater/aromater med halter över detektionsgränsen i något rör redovisas. Enhet: µg/l.

Provpunkt	Referenspunkt	Delomr 2 - lagerplats		Delomr 6 - dopning			Delomr 10 - dieseltank	SPIMFAB – riktvärde*
	GV-REF	GV 102	GV 103	GV 104	GV 120	R-PG4	GV 107	
Alifater >C16-C35	31	<10	<10	<50	19	17	16	100**
Aromater >C8-C10	0,27	<0,75	0,39	<3,75	0,18	<0,75	0,24	100

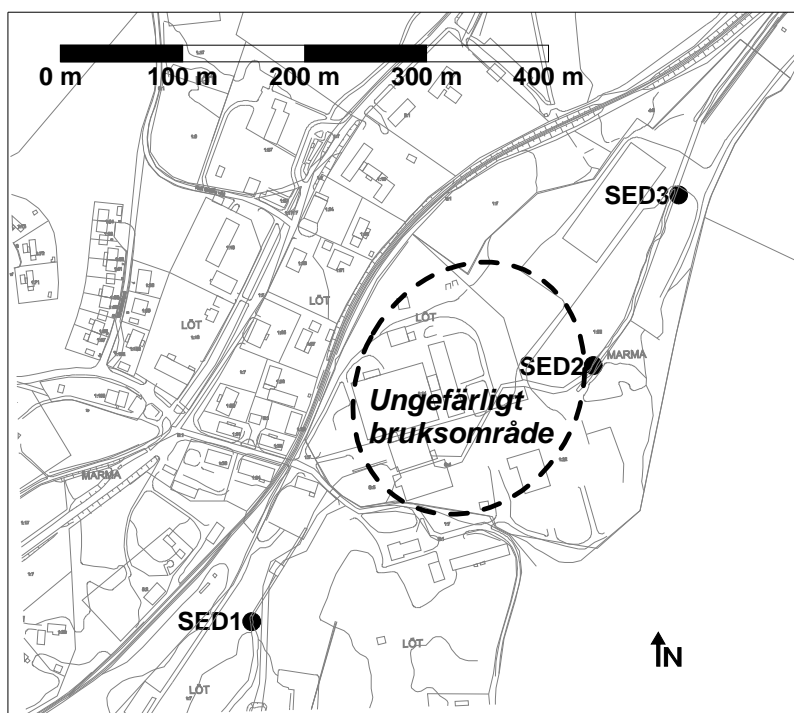
* Kemakta (2005): Riktvärden för ämnen i grundvatten vid bensinstationer.

** S:a alifater >C12-C35.

Låga halter av alifater (fraktion >C16-C35) och av aromater (fraktion >C8-C10) påvisades i flera av grundvattenproven. För övriga alifat- och aromatfraktioner var halterna under detektionsgränsen. De detekterade halterna överskrider inte Naturvårdsverkets och SPIMFAB:s riktvärden för förorenade bensinstationer. Att petroleumkolväten kan påvisas i flertalet grundvattenprov tyder dock på att området är påverkat av föroreningar från industriell verksamhet. Det är anmärkningsvärt att alifater och aromater även påvisats i referensprovpunkten (GV-REF), om än i låga halter.

6.4 Föroreningar i sediment

Provpunkternas placering framgår av Figur 6-6. I Tabell 6-13 redovisas detekterade halter av metaller i sedimentproven. Provpunkt SED 1 utgörs av ett referensprov, taget uppströms bruket. Analysresultaten tyder på att det finns ett allmänt påslag av metallförorening i området kring bruket. Halterna av framför allt kadmium och bly avviker från de jämförvärden som anges av Naturvårdsverket (1999c) som normala bakgrundshalter för södra Sverige. Inget av proven uppvisar dock så höga halter att de bedöms påverkade av punktkälla (i enlighet med Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för förorenade områden, NV rapport 4918).



Figur 6-6. Provpunkter för sedimentprovtagning vid Lännaholms bruk.

Tabell 6-13. Detekterade metallhalter (mg/kg TS) i sediment vid Lännaholms bruk.

	Sed1 (referenspunkt)	Sed2 (utlopp kulvert)	Sed3 (nedströms sågverksområdet)
As	0,58	0,43	0,63
Cd	12,2	13,2	24,2
Cr	29,8	57,6	35,4
Cu	9,02	24,4	19,7
Ni	24,5	12,8	23,5
Pb	270	155	310
Zn	23	12	13

Benämning enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (NV, 1999c):

	Mkt hög halt
	Hög halt
	Måttligt hög halt
	Låg halt
	Mkt låg halt

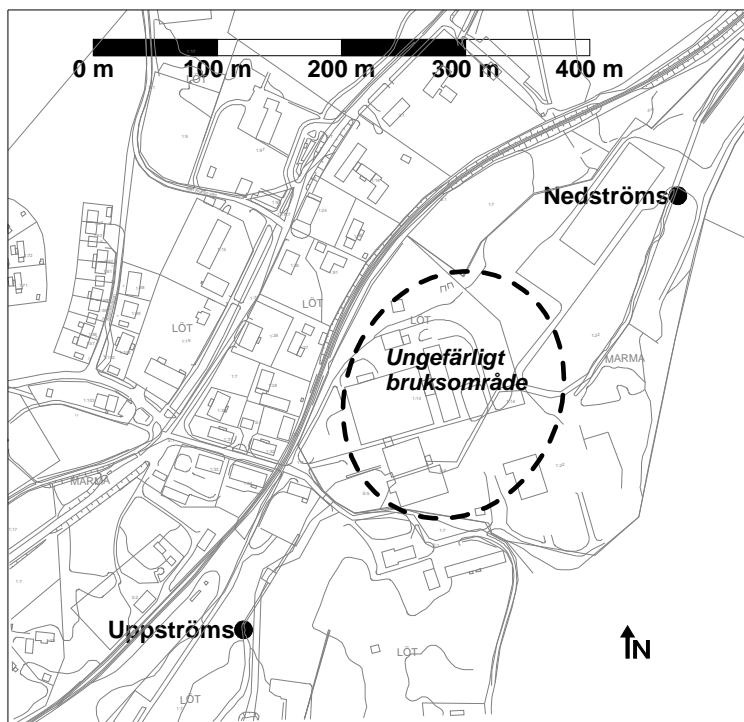
I Tabell 6-14 redovisas detekterade halter av dioxiner/furaner samt alifater i sedimentproven. Även PAH analyserades, men halterna var i samtliga prov under detektionsgränsen. För övriga fraktioner av alifater (>C8-C16) samt aromater (>C8-C35) var halterna under detektionsgräns. Halten av tyngre alifater (>C16-C35) är låg i samtliga prov, men visar på en antropogen påverkan i området. Detekterade halter av dioxiner i sedimentproven Sed 1 och Sed 2 är låga. I provpunkt Sed 3 nedströms sågverksområdet är dioxinhalten högre men ligger långt under det generella riktvärdet för MKM. Observera att de generella riktvärdena är framtagna för jord, inte sediment, vilket innebär att de inte är tillämpliga rakt av i t.ex. en riskbedömning.

Tabell 6-14. Detekterade halter av dioxiner/furaner samt alifater i sediment.

	Enhet	Sed1	Sed2	Sed3	NV riktvärde MKM	NV riktvärde KM
		(referenspunkt)	(utlopp kulvert)	(nedströms sågverks- området)		
TS 105°C	%	18,8	56,1	42,7		
Dioxiner/furaner (S:a WHO—PCDD/F-TEQ)	ng/kg TS	6,9	7,3	28	200	20
Alifater >C16-C35	mg/kg TS	7,25	10	10,6	1000	100

6.5 Föroreningar i ytvatten

För att möjliggöra analys av de låga halter av föroreningar som förväntas i ytvatten invid området användes passiva provtagare som fick sitta ute under 4 veckor. Vid passiv provtagning tas hänsyn till de variationer i halter som kan förekomma över tiden. De passiva provtagarna placerades på ungefär samma ställe som sedimentproven tidigare tagits, dvs. ett prov uppströms och ett nedströms, se Figur 6-7.



Figur 6-7. Provpunkter för utplacering av passiva provtagare vid Lännaholms bruk.

I Tabell 6-15 redovisas uppskattade halter i ytvattnet, beräknade utifrån de passiva provtagarna. För samtliga analyserade parametrar (med undantag för nickel och bly) var halterna i nedströmsprovet högre än i uppströmsprovet, vilket tyder på påverkan från bruksområdet. Metallhalterna är låga vid en jämförelse med naturliga halter i mindre vattendrag (NV, 1999c). Även de uppmätta dioxinhalterna är låga och i nivå med vad som uppmätts i andra ytvatten (bakgrundshalt från NV, 2007).

Observera att de passiva provtagarna för metaller hängde i luften vid upptagningstillfället (dvs. de hade inte varit i rinnande vatten under hela provtagningsperioden) vid både uppströms- och nedströmspunkten. Detta antas ha påverkat upptaget i provtagarna och därmed resultatet, men i vilken utsträckning går inte att bedöma.

Tabell 6-15. Beräknade halter i ytvatten utifrån passiva provtagare samt referensdata. Se ovanstående reservation beträffande de passiva provtagarna.

	Enhet	Uppströms Lännaholms bruk	Nedströms Lännaholms bruk	Naturlig halt, mindre vattendrag (NV, 1999c)
Dioxiner/furaner (S:a WHO—PCDD/F-TEQ)**	pg/l	n.d.	0,014	0,010*
As	µg/l	0,073	0,113	0,06
Cu	µg/l	<0,1	0,214	0,3
Ni	µg/l	0,441	0,385	0,3
Pb	µg/l	<0,005	<0,005	0,02
Zn	µg/l	0,440	1,66	1,0

* Bakgrundshalt av dioxin i ytvatten, enligt NV, 2007 (bilaga 1).

** N.d.= under detektionsgräns. För både uppströms- och nedströmsprovet anges här S:a WHO—PCDD/F-TEQ ”lower bound”, där endast kongener med detekterbara halter summerades. För uppströmsprovet var samtliga kongener under detektionsgränsen. För nedströmsprovet kunde flertalet analyserade kongener detekteras i låga halter. Observera att för vissa kongener var detektionsgränsen i uppströmsprovet högre än den halt som rapporterades i nedströmsprovet, vilket ger en något skev bild av haltskillnaden mellan proven.

6.6 Föroreningar i byggmaterial

Totalt fem samlingsprover togs på byggmaterial i den långsmala fabriksbyggnad där doppningskemikalier förvarades (för byggnadens läge, se Figur 4-3). Proven är tagna vid två olika tillfällen på vägg- respektive golvmaterial och analyserade med avseende på dioxiner/furaner. I Tabell 6-16 redovisas resultaten. Det saknas riktvärden för förorenat byggmaterial, som jämförelse används därför Naturvårdsverkets riktvärden för förorenad mark i tabellen. I ett av golvproven (Bygg 09B) bedöms halten som hög, 1000 ng/kg TS, jämfört med MKM-riktvärdet för jord. Denna halt är i nivå med vad som uppmätts vid andra objekt (t.ex. torkhuset i Stocka, 3500 ng/kg TS WHO-TEQ, SGI, 2006). I ett av väggproven, Bygg 3 (som togs på den östra långsidans vägg, dvs. samma sida som entrédörren), är halten förhöjd. I övriga prov bedöms halterna som låga.

Tabell 6-16. Detekterade halter av dioxin (ng/kg TS) i byggmaterial.

Provbeteckning	Placering provpunkt	Dioxiner/furaner (S:a WHO—PCDD/F-TEQ)
Bygg 1	Vägg, södra kortsidan	2,1
Bygg 2	Vägg, västra långsidan	4,2
Bygg 3	Vägg, östra långsidan	54
Bygg 09A	Golv, södra delen	17
Bygg 09B	Golv, mellersta delen	1000
NV riktvärde – MKM		200
NV riktvärde – KM		20

6.7 Sammanfattande beskrivning av föroreningssituationen

Utifrån resultaten från den fördjupade miljötekniska markundersökningen, och med fokus på vad som kan höra samman med tidigare sågverksamhet, kan föroreningssituationen inom bruksområdet sammanfattas i följande punkter:

- Dioxiner/furaner förekommer i jord i halter över MKM runt doppningsplatsen. Utbredningen bedöms som begränsad, både i yt- och djupled.
- Dioxiner/furaner förekommer i grundvatten intill doppningsplatsen, vilket tyder på föroreningpåverkan.
- Ytlig jord inom delområde 9 (tidigare virkesupplag) innehåller generellt låga halter av metaller och petroleumkolväten. Halt dioxiner/furaner över MKM-riktvärdet påvisades i ett samlingsprov. Analys av delprov visar på stor variation i halter.
- Den detekterade halten av dioxiner/furaner är högre i sedimentprovet nedströms bruksområdet jämfört med det prov som tagits uppströms bruksområdet, vilket tyder på föroreningsspridning från området. Det ska dock observeras att högsta halten ligger strax över KM-värdet.
- I ytvatten från bäcken som rinner genom området bedöms halterna av dioxiner/furaner vara högre i nedströmsprovet jämfört med uppströmsprovet, vilket pekar på en liten föroreningsspridning från området.

- Höga halter av dioxiner/furaner (jämfört med MKM-jord) påträffades i ett av golvproven på byggmaterial i fabriksbyggnaden.

Inom de områden som nyttjats för sågverksamhet finns också föroreningar som kan härledas till den tidigare järnbruksverksamheten:

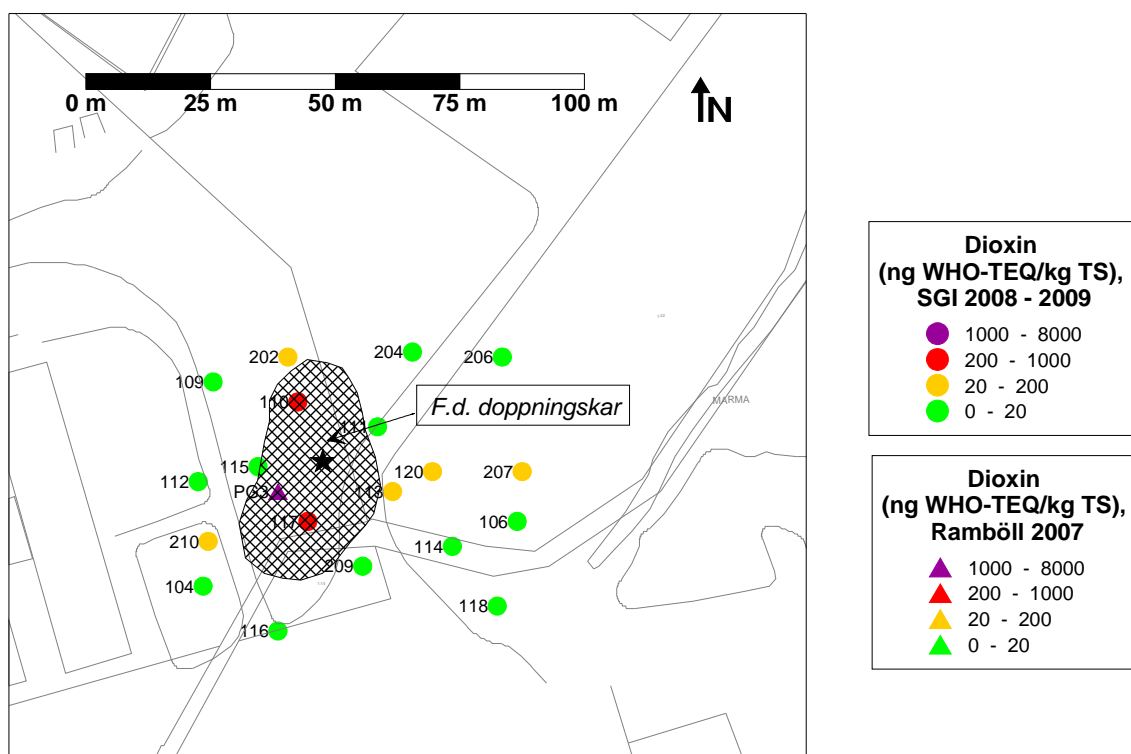
- Förhöjda metallhalter förekommer i fyllningsmaterial runt dopningsplatsen, framför allt arsenik, kadmium och zink. Zinkhalten överskrider MKM-riktvärdet i flera provpunkter.
- Uppmätta metallhalter i grundvatten är låga. Petroleumkolväten påträffades i flera grundvattenprov, men halterna är låga.
- För sediment syns ett allmänt påslag av metallförorening i området kring bruket, men halterna är låga.
- En viss förhöjning av metallhalterna i ytvatten kan ses i nedströmsprovet, men halterna är låga. Slutsatsen avseende metallhalterna är dock osäker, p.g.a. praktiska problem vid provtagningen.

7 AVGRÄNSNING OCH FÖRORENINGSMÄNGDER

7.1 Avgränsning av föroreningar

Med utgångspunkt från resultaten från utförda undersökningar (Rambölls undersökning 2007, SGI:s undersökning hösten 2008 samt SGI:s kompletterande undersökning våren 2009) görs en preliminär avgränsning av dioxin i jord runt doppningskaret (delområde 6) i Figur 7-1. Den avgränsade ytan uppgår till ca 900 m². Avgränsningen baseras på det generella riktvärdet för MKM (200 ng/kg TS, WHO-TEQ) och en översiktlig beräkning.

Förorening över MKM-riktvärdet bedöms i huvudsak förekomma i det övre jordlagret (0-0,5 m), men förhöjda halter påträffades i punkt 117 ner till 2,0 m under markytan. I alla provpunkter där dioxiner/furaner analyserades på flera nivåer uppmättes högsta halten på översta nivån (0-0,5 m u my). Med antagande om ett genomsnittligt föroreningsdjup på 1 m uppskattades volymen förorenade massor vid doppningsplatsen till ca 900 m³, motsvarande ca 1 600 ton (jordens densitet antas vara 1,8 t/m³, eftersom det är fråga om fyllning med slagg etc.).



Figur 7-1. Preliminär avgränsning av dioxinförorening (halt över MKM-riktvärdet) runt doppningskaret. Siffror anger provpunktsnummer.

Dioxiner/furaner förekommer även i förhöjda halter i jord där marken tidigare använts för virkesupplag (delområde 9), se vidare avsnitt 6.2.2. I ett första skede analyserades fem olika samlingsprov, vilket i ett andra skede kompletterades med analys av delprov för tre av samlingsproven (fem delprov per samlingsprov). De delprov som analyserades visar på en stor variation i föroreningshalterna, 4,8 – 490 ng/kg TS, WHO-TEQ. En enkel statistisk bearbetning av analysdata (data antogs vara lognormalfördelade, vilket är det normala vid förorenade områden) visar att för delområde 9 kan <10 % av delområdets area antas överskrida MKM-riktvärdet (200 ng/kg TS, WHO-TEQ). Detta mått

anger också sannolikheten att en slumpvis vald punkt inom delområdet ska överstiga riktvärdet. SGI:s bedömning är att ytlig dioxinförorening kan förekomma fläckvis (men totalt <10 %) inom hela det område som använts som virkesupplag. Någon avgränsning av föroreningen (dvs. halter över MKM-riktvärdet) är inte möjlig att göra, eftersom föroreningskällan utgörs av virke som efter impregnering lagrats inom området och då droppat ev. överflödigt impregneringsvätska.

Även metallhalter (arsenik och zink) förekommer i halter över MKM-riktvärdet runt dopningsplatsen. Föroreningarna hör ihop med fyllningsmaterial (restprodukter från järnbruket) som använts allmänt inom bruksområdet. SGI bedömer att dessa föroreningar har en större utbredning och att det inte är möjligt att göra någon avgränsning av metallföroreningarna runt dopningsplatsen.

7.2 Föroreningsmängd

Mängden dioxiner/furaner i det avgränsade området runt dopningskaret uppskattas grovt till 5 g (WHO-TEQ). Detta bedöms vara en konservativ uppskattning. Beräkningen är baserad på analysdata från de tre provpunkter som ligger inom det avgränsade området. Jordens (fyllningsmaterial med inslag av slagg etc.) densitet antas vara 1,8 ton/m³. Utöver detta bedöms mindre mängder dioxiner/furaner förekomma inom området för virkesupplag (delområde 9).

8 SPRIDNINGSFÖRHÅLLANDEN

8.1 Spridningsmönster och mobilitet - allmänt

Spridning av olika föroreningar, t.ex. träskyddsmedel, i jord och grundvatten beror dels på jordlagrens och grundvattnets egenskaper, dels på egenskaperna hos de aktuella ämnena. Markkemiska förhållanden såsom pH, redox, organisk halt och vattenhalt samt jordens kornfördelning är faktorer som har betydelse för förorenings-spridningen.

Föroreningar som finns i marken kan transporteras och spridas genom damning/vinderosion samt förångning. Förångning är dock inte aktuellt för metallerna och endast i liten omfattning för pentaklorfenol och dioxiner/furaner. För petroleumkolväten kan förångning utgöra en spridningsväg med viss betydelse. Föroreningar i mark kan även spridas genom lakning och grundvattentransport. Föroreningar kan via grundvatten sedan nå närliggande ytvatten. Spridning av lösta föroreningar är i första hand beroende av grundvattnets flöde och strömningsriktning. Även via ytavrinning kan föroreningar spridas från området.

Spridning genom lakning och förångning styrs bl.a. av s.k. utspädningsfaktorer (DF) och fördelningskonstanter (K_d -värde). Lakbarheten hos fyllningsmaterial inom bruksområdet undersöktes genom lakförsök. Resultaten visar att för flera av metallerna (t.ex. kadmium och zink) så avtar utlakningen med tiden. Det innebär att ju mer vatten som kommer i kontakt med fyllningsmaterialet, desto lägre blir föroreningshalterna i detta vatten. För arsenik syns inte denna tendens. De K_d -värden som beräknades för intressanta metaller (As, Cd, Ni, Pb, Zn) är i nivå med vad som anges i Naturvårdsverkets riktvärdesmodell (Naturvårdsverket, 2007). Resultaten från lakförsöken redovisas i Bilaga H.

Dioxiner och furaner (PCDD/PCDF) är grupper av klorerade persistenta och mycket toxiska organiska ämnen. Dioxiner och furaner förekommer ofta som förorening i klorfenolbaserade träskyddsmedel. Dessa fastläggs till stor del i jordlagrens översta skikt. Dioxin är mycket svårslösligt i vatten och i den mån transport via grundvatten sker, är det i huvudsak genom sorption till DOC (lösta organiska ämnen). Transport av dioxin sker i stor omfattning med hjälp av partiklar vars transporthastighet är beroende av grundvattnets hastighet.

Redoxförhållandena i marken har betydelse för mobiliteten av bl.a. arsenik. Vid reducerande förhållanden kan As(V)oxid (arsenat) övergå till AS(III)oxid (arsenit) med betydligt högre mobilitet och även högre toxicitet än arsenat.

Adsorptionen av metaller till jordpartiklar är i viss mån pH-beroende med en hög affinitet vid neutrala till alkaliska pH-värden t.ex. för metallerna kadmium, koppar och zink. Adsorptionen av arsenik är effektivast vid lite lägre pH-värden (pH 5,5-6). Vid minskande respektive ökande pH-värde ökar arsenikens mobilitet.

8.2 Möjliga spridningsvägar

De föroreningar i form av metaller, dioxiner/furaner, klorfenoler och petroleumkolväten som finns inom bruksområdet kan spridas på olika sätt.

Inom stora delar av industriområdet överlagras de naturliga jordarterna av fyllning. Fyllningen är i huvudsak av grusig, sandig karaktär vilket innebär att det övre jordlagret

är relativt genomsläppligt. Sannolikt är därmed perkolationen snabb av föroreningar i djupled. Tätande lerlager återfinns på varierande djup.

Grundvattenytan inom området återfinns på ca 1,5 - 3 m djup (1,7 - 2,9 m under markytan i oktober 2008). Markföroreningarna bedöms främst finnas i det övre marklagret (fyllning), vilket innebär att de återfinns över grundvattenytan. Det innebär en minskad risk för föroreningsspridning via grundvatten. Det innebär också att risken för reducerande förhållanden är liten (vilket har betydelse bl.a. för arseniks mobilitet). Den huvudsakliga grundvattenströmningen bedöms vara i riktning mot bäcken och åt nordost. Undersökningen tyder på en relativt begränsad föroreningsspridning via grundvatten i jord.

De VA-ledningar som sannolikt finns inom industriområdet (se avsnitt 4.3.3) kan utgöra en spridningsväg för föroreningar. Om ledningar påträffas i samband med eventuell efterbehandling dokumenteras förhållandena för övervägande om lämplig åtgärd (t.ex. försegla ledning och ledningsgrav nedströms det förorenade området).

Delar av området är grusbelagt. Inom dessa delar finns risk för föroreningsspridning via damning och yterrosion. Ytavrinning kan medföra att ytlig förorening sprids till bäcken. Inom de delar av området där det finns vegetation (gräs, buskar, mindre träd) är risken för föroreningsspridning via damning etc. liten.

Provtagningarna av ytvatten visar på ett litet påslag av föroreningar från bruksområdet. Halterna är dock låga, och den mängd föroreningar som härrör från bruksområdet och som via bäcken når Långsjön (ytvattentäkt) bedöms vara försumbara. Enligt en grov beräkning uppgår den mängd dioxin som via bäcken transporteras bort från området till ca 60 µg (WHO-TEQ)/år, att jämföra med den totala mängden dioxin kring doppningsplatsen som uppskattas till ca 5 g (WHO-TEQ). Beräkningen är baserad på ett uppskattat flöde i bäcken på 135 l/s. Om dioxinhalten i bäcken hade varit i nivå med vad som anges som nationell bakgrundshalt enligt Naturvårdsverket (2007), hade föroreningstransporten av dioxin uppgått till ca 42 µg (WHO-TEQ)/år med samma vattenflöde, dvs. i samma storleksordning.

9 FORTSATT ARBETE

Delrapport 1, omfattande undersökningsresultat, avslutas med föreliggande rapport. De utförda undersökningarna bedöms ha gett en tillräckligt klar bild över föroreningssituationen i jord, sediment, yt- och grundvatten. Beträffande utbredningen av dioxin i den tidigare fabrikslokalen har SGI bedömt att det inte heller där är aktuellt att genomföra ytterligare undersökningar (SGI, 2009c).

SGI föreslår att arbetet med huvudstudien nu går vidare i nästa skede, Delrapport 2. Det fortsatta arbetet innefattar följande moment:

- *Riskbedömning*

En preliminär riskbedömning utfördes inför de kompletterande undersökningarna. En genomgång av denna görs där hänsyn tas till de nya resultaten och slutsatserna avseende t.ex. föroreningssituation och spridningsbild.

- *Åtgärdsutredning, riskvärdering*

De återstående momenten (åtgärdsutredning, riskvärdering) utförs i enlighet med provtagningsplanen från 2008-09-12 (Bilaga A:1).

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
Markmiljöavdelningen



Bengt Rosén
Uppdragsledare

10 REFERENSER

Flygbilder från Lantmäteriverket, år: 1960, 1965, 1966, 1970, 1971, 1974, 1977, 1979, 1998.

Golder Geosystem AB (1992). Miljöbedömning av mark med avseende på arsenik m.m., Lännabruk, Uppsala kommun – Delrapport 1 och 2.

Grip H & Rodhe A (1985). Vattnets väg från regn till bäck. Hallgren & Fallgren Studieförlag AB.

Kemakta (2005). Riktvärden för ämnen i grundvatten vid bensinstationer. Kemakta AR 2005:31.

Livsmedelsverket (2001). Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten. SLV 2001:30.

Naturvårdsverket (2008). Riktvärden för förorenad mark (2008-10-24).

www.naturvardsverket.se/sv/Verksamheter-med-miljopaverkan/Efterbehandling-av-foroerade-omraden/Riskbedomning/Nya-generella-riktvarden-for-foroerad-mark/Tabell-over-generella-riktvarden-for-foroerad-mark.

Naturvårdsverket (2007). Modellbeskrivning och vägledning. Remissversion 2007-10-19.

Naturvårdsverket (1999a). Metodik för inventering av förorenade områden. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Vägledning för insamling av underlagsdata. Rapport 4918.

Naturvårdsverket (1999b). Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Grundvatten. Rapport 4915.

Naturvårdsverket (1999c). Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Rapport 4913.

Naturvårdsverket (1998). Förslag till riktvärden för förorenade bensinstationer. Naturvårdsverket Rapport 4889.

Naturvårdsverket (1997). Generella riktvärden för förorenad mark. Naturvårdsverket Rapport 4638.

Ramböll (2007). Lännaholms bruk. Översiktlig miljöteknisk markundersökning och riskklassning enligt MIFO-fas 2. Ramböll Sverige AB, 2007-01-03.

RIVM (2001). Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groundwater. RIVM report 711701 023. February 2001.

SGI (2006). Undersökning och bedömning av föroreningsituationen vid Stocka sågverksområde. Datum: 2006-11-22, dnr: 2-0502-0106.

SGI (2008). Lännaholms Bruk – Uppsala kommun. Fördjupad miljöteknisk markundersökning. Delrapport 1 – Undersökningsresultat. Datum: 2009-05-29, dnr: 2-0804-0297.

SGI (2009a). PM – Kompletterande dioxinundersökning i fabriksbyggnad, Lännaholm. Datum: 2009-03-10, dnr: 2-0804-0297.

SGI (2009b). Lännaholms Bruk – Uppsala kommun. Fördjupad miljöteknisk markundersökning. Delrapport 2 – Fördjupad riskbedömning, preliminär inför kompletterande undersökningar. Datum: 2009-05-29, dnr: 2-0804-0297.

SGI (2009c). PM – Lännaholms Bruk, Uppsala kommun. Dioxinförorenad byggnad. SGI dnr: 2-0804-0297, datum: 2009-09-03.