

# Översiktligt PM Geo- och Miljöteknik

Fyrislund 6:6  
Översikt Östra Fyrislund  
Uppsala kommun



# Översiktligt PM Geo- och Miljöteknik

Uppdragsnamn

**Fyrislund 6:6 m.fl.**  
**Översikt - Östra Fyrislund**  
**Uppsala kommun**

Klövern Projektutveckling AB  
Johanna Bruce  
Box 1093  
171 22 Solna

Uppdragsgivare

**Klövern Projektutveckling AB**

Handläggare

**Axel Svensson / Henrik Håkansson – Geoteknik**  
**My Ekelund / Ing-Marie Nyström – Miljöteknik**

Datum

**2021-06-23**

Rev. datum

## Innehåll

1	Sammanfattning .....	3
1.1	Geoteknik .....	3
1.2	Markmiljö .....	3
2	Uppdrag .....	4
3	Objektsbeskrivning – översiktlig .....	4
4	Historik .....	5
5	Utförda undersökningar .....	6
6	Markförhållanden .....	6
7	Grundvatten och ytvatten .....	7
8	Sättningar – allmänt .....	8
9	Miljöteknik .....	10
9.1	Utförda undersökningar .....	10
9.2	Provtagning .....	10
9.3	Fältiakttagelser .....	10
9.3.1	Fältiakttagelser, jord .....	10
9.4	Bedömningsgrunder .....	10
9.4.1	Bedömningsgrunder, jord .....	10
9.4.2	Bedömningsgrunder, asfalt .....	11
9.4.3	Sulfidlera .....	11
9.5	Analysresultat .....	12
9.5.1	Analysresultat - tungmetaller, PAH, PCB, BTEX, alifater och aromater .....	13
9.5.2	Analysresultat, asfalt .....	18
9.5.3	Analysresultat, sulfidlera .....	18
9.6	Översiktlig riskbedömning .....	18
9.7	Rekommendationer .....	19
9.8	Anmälan om förorening .....	20
10	Grundläggning .....	21

10.1	Pållning.....	21
10.2	Grundläggning direkt på mark.....	21
10.2.1	Lastkompensation .....	21
10.2.2	Förbelastning.....	21
10.3	Pållning och platta på mark.....	22
	Schakt och stabilitet .....	22
11	Miljöaspekter – geoteknik.....	23
11.1	Förändrade förutsättningar – klimatförändring .....	23
11.2	Aktiva val för minskad miljöbelastning.....	24
12	Övrigt.....	24
12.1	Påverkan av träd .....	24
12.2	Riskanalys .....	24
13	Bilagor .....	25

## 1 Sammanfattning

### 1.1 Geoteknik

Utifrån utförda sonderingarna utgörs jordlagerföljden i allmänhet överst av ett lager fyllning eller humusjord överlagrandes av ca 1 – 21 m kohesionsjord ovan friktionsjord vilandes på berg. Bergets överyta har påträffats mellan ca 4,5 – 25 m under markytan. Djup till berg och lerans mäktighet ökar generellt i en sydvästlig riktning.

I den sydvästra delen av området ligger grundvattnets trycknivå ca 2 – 3 m under markytan för att områdets nordöstra del ligga betydligt djupare, på mellan 5 – 6 m djup.

Inom större delen av området kommer byggnader erfordra en grundläggning med stödpålar ner till berg/fast lagrad morän. I den nordöstra delen, där lerdjupet är begränsat, kan en yttlig grundläggning komma ifråga.

### 1.2 Markmiljö

Den översiktliga miljötekniska undersökningen utförts genom skruvprovtagning i totalt 17 provpunkter varifrån 22 jordprov valts ut och skickats för analys med avseende på tungmetaller, PCB, PAH, alifater, aromater, PFAS och pesticider. I tre provpunkter skickades även misstänkt sulfidlera in för att analyseras med avseende på totalsvavel och sulfidhalt.

Eftersom fastigheten används för industriverksamhet bedöms Naturvårdsverkets generella riktvärden för mindre känslig markanvändning (MKM) vara lämpliga som åtgärds mål.

Analysresultatet påvisar halt av kobolt precis över Naturvårdsverkets riktvärde för känslig markanvändning (KM) i ett flertal prov uttagna i lera. För samtliga av dessa prov överskrider även halten av krom gränsvärdet för mindre än ringa risk (MRR). Bakgrundshalten av kobolt i naturlig lera runt Uppland är ofta strax över riktvärdet för KM. Eftersom samtliga aktuella prov uttogs i lera bedöms kobolthalterna vara naturliga bakgrundshalter och halterna bedöms inte utgöra någon risk för människors hälsa eller miljö.

Analys med avseende på PFAS i 21B65 påvisade halter av PFOS och summa PFAS-11 över laboratoriets rapporteringsgräns men under befintliga riktvärden. Vidare undersökning rekommenderas i samband eventuella markarbeten i området för att säkerställa att inga högre halter förekommer samt för massklassning av eventuella överskottsmassor. Samma resonemang gäller för området runt plantskolan där låga halter av pesticider påvisats, men halterna underskrider de generella riktvärdena för KM.

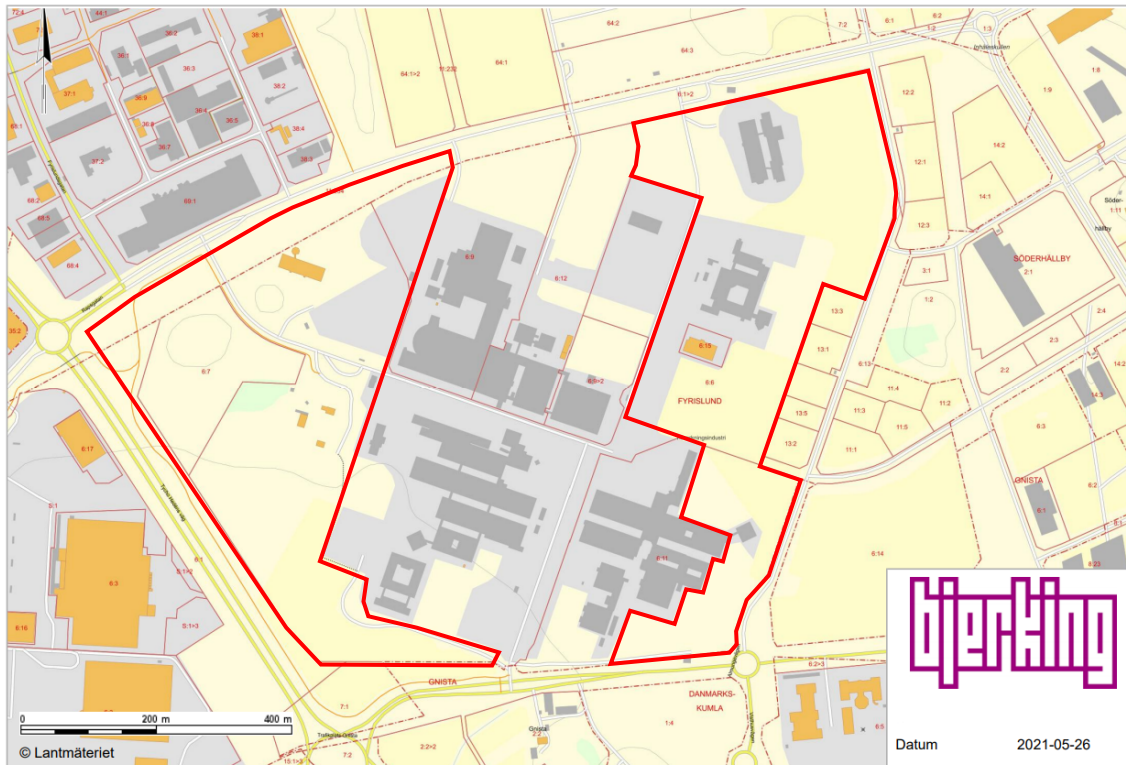
Eftersom samtliga analyserade parametrar underskrider de generella riktvärdena för MKM bedöms det inte föreligga något efterbehandlingsbehov utifrån genomförda undersökningar. Det bör dock noteras att det är Miljöförvaltningen, Uppsala kommun, som beslutar om vilka åtgärds mål och därmed haltkriterier/riktvärden som ska vara gällande.

Totalsvavelhalten i 21B05 överskred 1000 mg/kg TS vilket innebär att leran klassas som sulfidjord. Vidare undersökning krävs för att avgöra om den är försurande eller ej.



## 2 Uppdrag

Bjerking AB har på uppdrag av Klöver Projektutveckling AB utfört en översiktlig miljö- och geoteknisk undersökning på fastigheten Fyrislund 6:6 m.fl. som underlag för framtida exploatering. Översikten har omfattat de delar av fastigheten som tidigare inte undersöks och kan enkelt beskrivas som två sammanhängande delar, Se Figur 1.



Figur 1. Ungefärligt undersökningsområde markerat med röd gränslinje. Bild från Bjerking kartportal 2021-05-26.

## 3 Objektsbeskrivning – översiktlig

Klöverns område Östra Fyrislund står inför en större framtida exploatering. Som en del i underlaget för disponering och inledande projektering av området har en översiktlig geo- och miljöteknisk undersökning utförts. Totalt uppgår ytan till ca 20 + 18 ha. En schematisk skiss av områdets framtida disponering framgår av Figur 2.



Figur 2 Strukturplan över Uppsala Business Park.

## 4 Historik

Inom Fyrislund 6:6 hade Pharmacia mellan 1960-talet till början av 2000-talet företagets tillverkningsindustri för läkemedel. Innan dess användes marken för odling. Efter att Pharmacia flyttat sin verksamhet utomlands togs lokalerna över av Klöver och idag hyrs lokalerna ut med laboratorier, renrum, pilotanläggningar för läkemedelsproduktion mm. Inom fastigheten finns även en handelsträdgård som varit verksam minst 70 – 80 år.

Utifrån utdrag från miljöförvaltningen i Uppsala kommun framgår att flera olika miljö- och hälsofarliga ämnen förvaras på fastigheten, både historiskt och i dagsläget. Exempelvis har det i tillverkningsindustrin använts bensin, dieselolja, saltsyra, svavelsyra och vinylklorid. Det finns inga uppgifter i materialet som Bjerking erhållit från tillsynsmyndigheten att det förekommit några större läckage eller spill av miljöfarligt material.

I området för handelsträdgården uttogs och analyserades 2004 ett jordprov av Golder AB i samband med en miljöteknisk undersökning. Analysresultatet påvisade låga halter av DDT och dess nedbrytningsprodukter, inga av halterna överskred Naturvårdsverkets generella riktvärden för känslig markanvändning (KM).

I samband med utbyggnaden av Thermo Fishers anläggning på fastigheten sydöstra del genomförde Bjerking AB tre miljötekniska markundersökningar under 2020 och 2021 (uppdragsnr. 20U1648):

- Projekterings-PM miljö- och geoteknisk undersökning – Höglager hus 39.
- PM Miljöteknisk undersökning- Ombyggnation källaren byggnad 33.
- PM Kompletterande miljöteknisk undersökning – Hus 39.

Se PM för fullständig beskrivning och resultat, nedan följer en kort sammanfattning.

I den översiktliga undersökningen genomfördes provtagning av jord i området för det planerade höglagret, hus 39. Halt av kobolt över Naturvårdsverkets riktvärde för känslig markanvändning (KM) förekom i ett jordprov. Bakgrundshalten av kobolt i naturliga lera runt Uppland är ofta strax över riktvärdet för KM, eftersom provet var uttaget i lera bedömdes halten därför vara naturlig.

Miljöprovtagning i källaren av hus 33 genomfördes för att ge underlag inför urschaktning och borttransport av bedömt naturliga lermassor. En av parametrarna som analyserades var PFOS, vilket påvisades i majoriteten av uttagna prover och i halter över laboratoriets rapporteringsgräns men under SGI:s förslagna riktvärde för MKM (20 µg PFOS/kg). Dock förekom halt av PFOS över SGI:s förslagna riktvärde för KM (3 µg PFOS/kg) i ett prov.

Eftersom jordproverna i den översiktliga undersökningen inte hade analyserats med avseende på PFOS genomfördes en kompletterande undersökning på området utanför källaren och det planerade området för hus 39. Den kompletterande undersökningen visade på ett antal jordprover med halter av summa PFAS-11 över laboratoriets rapporteringsgräns men samtliga underskred SGI:s förslagna riktvärde för KM (3 µg PFOS/kg). Ingen tydlig förklaring till förekomsten av PFAS hittades.

## 5 Utförda undersökningar

Resultaten från utförda undersökningar framgår av tillhörande Markteknisk undersökningsrapport (MUR) med uppdragsnummer 21U0057, daterad 2021-06-15, upprättad av Bjerking AB.

## 6 Markförhållanden

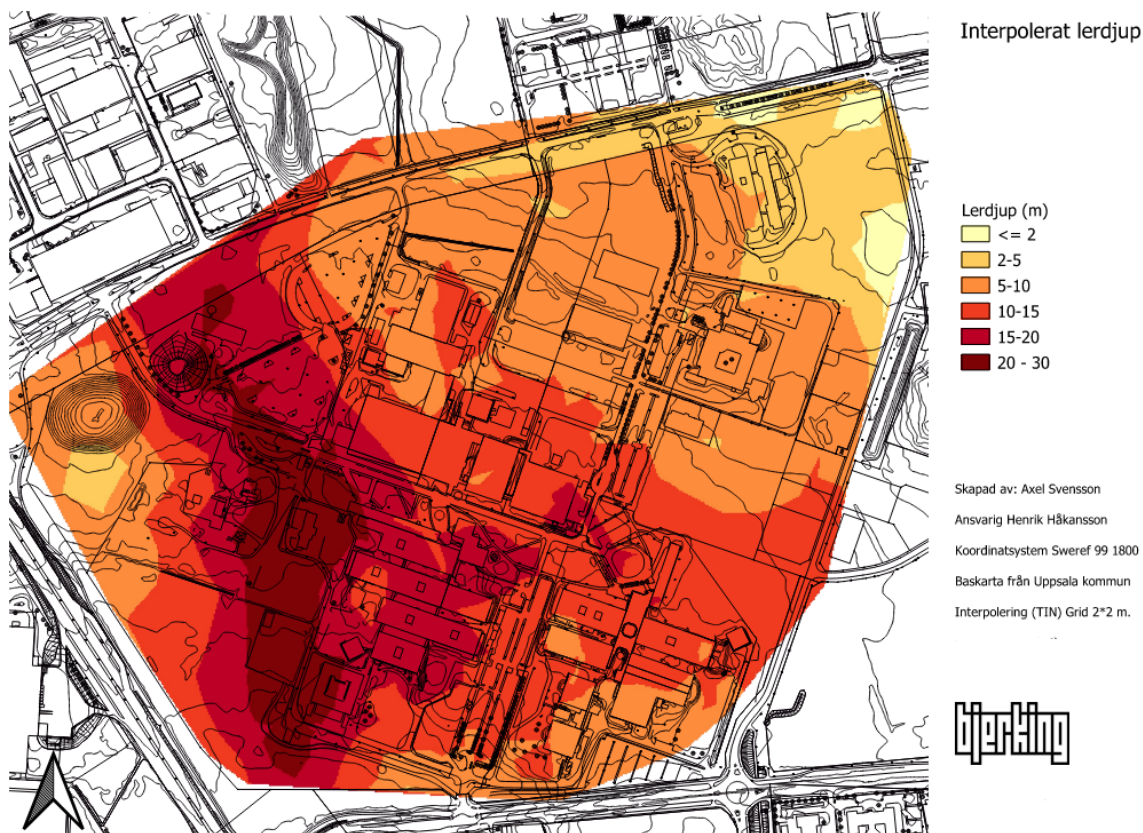
Utifrån utförda sonderingarna utgörs jordlagerföljden i allmänhet överst av ett lager **fyllning** eller **humusjord** överlagrandes **kohesionsjord** ovan **friktionsjord** vilandes på **berg**. Bergets överyta har påträffats mellan ca 4,5 – 25 m under markytan. Djup till berg och lerans mäktighet ökar generellt i en sydvästlig riktning. I Figur 3 redovisas ett interpolerat lerdjup i en stegvis ökande färgskala. I denna figur är även tidigare arkivstudie och tidigare uppdrag inarbetade.

**Fyllningens** mäktighet varierar i undersökta punkter mellan ca 0,4 – 5,8 m. Innehållet utgörs av humusjord, lera, sand och grus. I flera av punkterna har förekommande lera noterats vara sulfidjordshaltig. Ställvis har även tegel, geotextil, asfalt, plast och skalrester noterats i fyllningen.

**Kohesionsjorden** utgörs av lera som ner till ca 1–2 m djup är av torrskorpekaraktär för att djupare ner övergå till att i huvudsak utgörs av lera med mycket låg till låg skjuvhållfasthet. Som lägst har den odränerade skjuvhållfastheten (korrigerad med avseende på konflytgräns) uppmätts till 8 kPa. Den totala lermäktigheten uppgår till mellan ca 0,7 – 20,8 m. Lerans tunghet har som lägst uppmätts till 15,5 kN/m<sup>3</sup> och som högst till 18,5 kN/m<sup>3</sup>. Vattenkvoten varierar mellan 33,4 – 82,5 %. Leran benämns som mellan- till högplastisk samt mellan till högsensitiv. Leran har noterats vara sulfidhaltig till ca 5 m djup i 21B25 och 21B35.

**Friktionsjordens** mäktighet varierar i undersökta punkter mellan ca 0,3 – 8,0 m. Friktionsjorden benämns som medelfast till fast. Notera att ett flertal block har genomborrats vid sondering i friktionsjorden.

**Berget** har inte undersökts närmare men bedöms ställvis vara uppsprucket i sin övre del utifrån utförda jordbergsonderingar ner i berg. På grund av sprickor och block har bergets överyta varit svårbedömd i vissa borrhållpunkter.



Figur 3. Interpolerat lerdjup uppdelat i intervall som går från ljusgul till rött. Ljussgult representerar det grundaste lerdjupet och det mörkröda det djupaste. Data kommer från detta uppdrag samt från tidigare uppdrag och arkivstudie.

## 7 Grundvatten och ytvatten

Mot bakgrund av registrerade grundvattenobservationer, se Tabell 1, bedöms grundvattenytans trycknivå ligga mellan ca +5,5 till +7 m vilket motsvarar ca 2,5–6,5 m under markytan. Inget ytvatten har noterats i utförda provtagningshål. Värt att nämna är att grundvattnets trycknivå fluktuerar under året.

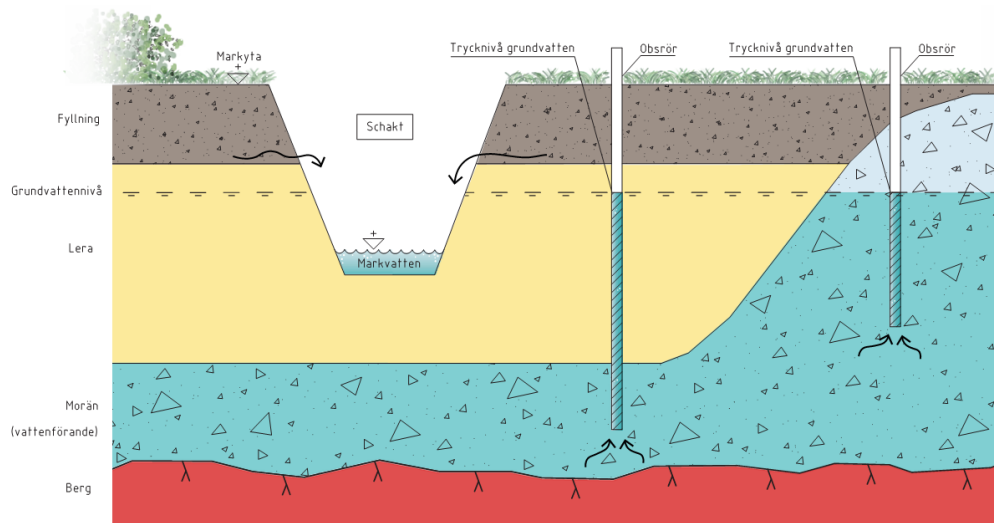
Tabell 1. Registrerade grundvattenobservationer.

Grundvattenrör	Marknivå	Datum	Nivå GVV	Anmärkning
21B14GV	+10,4	2021-05-24	+6,2	
21B30GV	+11,6	2021-05-24	+6,6	
21B45GV	+13,0	2021-05-24	+6,7	
21B69GV	+12,0	2021-05-24	+6,8	
104GV	+7,7	2021-05-24	+5,4	
GW20006K	+10,4	2020-03-05	+6,9	
		2021-02-12	+6,8	
GW20006T	+10,8	2020-09-16	+5,4	
		2021-03-29	+6,2	



Ytvatten sjunker normalt ner i fyllning och humusjordlager eller avbördas via befintligt dagvattensystem. Vid riklig nederbörd eller tjälade förhållanden kan även ytavrinning ske i terrängens lutningsriktning.

Observera att vid förekomst av lera är nivån på det markvatten som ansamlas i en schaktgrop eller liknande inte detsamma som grundvattenytans trycknivå, se Figur 4. Bakomliggande orsak är lerans låga permeabilitet (vattenförande förmåga). Grundvattenytans trycknivå beror av det vattenförande jordlager som underlagrar leran (ex. morän) till skillnad från markvatten som tillrinner schaktgropen via det vattenförande jordlager som överlagrar leran (ex. fyllning).



Figur 4. Skillnad mellan markvatten och grundvatten, framtagen av Bjerking 2018-09-10.

## 8 Sättningar – allmänt

Lerans sättningsegenskaper har utvärderats och analyserats från ostörda lerprover upptagna i provtagningspunkt 21B25 på 5 nivåer, 21B35 på 4 nivåer, 21B46 på 2 nivåer, 21B48 på 3 nivåer och 21B59 på 4 nivåer. Utförda CRS-försök visar att leran inom området generellt är överkonsoliderad till normalkonsoliderad ned till ca 5 m djup under befintlig markyta för att på större djup övergå till att vara underkonsoliderad. Ovanstående gäller för en trycknivå på grundvattenytan mellan +5,4 och +6,9.

Resultatet visar således på att sättningar skall pågå inom området. Detta känns omotiverat eftersom inga större fyllnadsmäktigheter noterats. Inom området pågår heller ingen grundvattensänkning. Sannolikt är grundvattentrycket hydrodynamiskt inom framför allt den västra delen av området där leran är som mäktigast. Ett hydrodynamiskt grundvattentryck innebär att portrycket i leran i verkligheten är högre än vad grundvattenrören visar. Detta förekommer på fler ställen i Fyrislund och i områden öster om Uppsala.

Resultatet från den översiktliga sättningsanalysen har beaktat det hydrodynamiska grundvattentrycket och redovisas i Tabell 2. I beräkningen har en utbredd last om 10 kPa och 20 kPa utan lastspridning mot djupet valts. Detta motsvarar ungefär lasten från en markhöjning med ca 0,5 m respektive ca 1,0 m fyllning. Torrkorpeleran har beaktats som icke sättningskänslig.

Tabell 2. Överslag på lerans primära sättningar

Borrpunkt	Lermäktighet [m]	10 kPa tillskottslast Sättning [cm]	20 kPa tillskottslast Sättning [cm]
21B25	18	20 - 25	45 - 50
21B35	14	10 - 15	30 - 35
21B46	4	<1	ca 1
21B48	8	5	10
21B59	11	10 - 15	25 - 30

Utöver beräknade sättningar ovan kan ytterligare sättningar uppträda i okvalificerad fyllning eller genom sekundära sättningar. Sekundära sättningar, så kallade krypsättningar, uppkommer när jordens effektivspänning inklusive tillskottslast omfattar ca 80 % av lerans förkonsolideringsspänning (beror av lerans spänningshistoria).

## 9 Miljöteknik

### 9.1 Utförda undersökningar

För utförda undersökningar, se avsnitt 10.2 i tillhörande MUR.

### 9.2 Provtagning

Den miljötekniska markundersökningen har genomförts under perioden 21/4 – 4/5 2021 genom skruvborrprovtagning i 17 punkter med hjälp av borrbandvagn. Miljöprovtagningen utfördes av Magnus Björkbäck och Håkan Söderberg, båda anställda av Bjerking AB.

Samtliga jordprover togs som enhetsprov, vars mäktighet anpassades till variationer i jordens karaktär för att utbredning av potentiella föroreningarna i djupled skulle kunna avgränsas. Provtagning utfördes till ett djup mellan ca 0,5 – 2,0 m ner i bedömt naturlig lera utan misstanke om förorening.

För att minska risken för korskontaminering har provtagningsutrustning rengjorts (diskats) efter varje enskild provtagningspunkt. Generellt för provtagning har SGF:s rapport 2:2013 samt NV:s rapport 4310 och 4311 följts. Upptagna prover har förvarats mörkt och kylt genom hela kedjan i väntan på urvalsprocessen och följande analyser. Prover har märkts med uppdragsnummer, borrpunkt, djup och datum.

Uttagna prover har förvarats i diffusionstäta påsar i väntan på provurval. Utvalda prover har skickats till laboratoriet Eurofins Environment Testing Sweden AB för analys. Laboratoriet är ackrediterat för aktuella analyser.

### 9.3 Fältiakttagelser

#### 9.3.1 Fältiakttagelser, jord

Generellt är de undersökta områdena täckta av asfalt eller gräsytor och fyllning av varierande mäktighet, ca 0,6 – 5,8 m under markytan. I borrpunkterna 210B05 påträffades tegel och svag lukt av asfalt- och oljelukt i fyllningen mellan 1,3–2,0 m under markytan. I 21B10 förekom också tegel i fyllningen mellan 0,2 – 1,0 m under markytan samt svarta korn, men ingen lukt av olja eller asfalt. I provpunkterna 21B51 och 21B67 påträffades geotextilduk på 0,6 m respektive 0,3 m under markytan.

Bedömda jordarter för de uttagna jordproverna och övriga fältanteckningar finns sammanställda i tillhörande MUR i Bilaga 1 och 7.

### 9.4 Bedömningsgrunder

#### 9.4.1 Bedömningsgrunder, jord

Uppmätta föroreningshalter i jorden jämförs med Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark<sup>i</sup>, med reviderade riktvärden<sup>ii</sup> vilka är gällande från 1 juli 2016. Riktvärdena bygger på ett antal exponeringsvägar för människor såsom intag av jord, hudkontakt, inandning av ångor och inandning av damm. Vidare har hänsyn tagits till miljöeffekter inom området och för närliggande ytvatten. Det finns riktvärden för två typer av markanvändning:

- KM - Känslig markanvändning, där markkvaliteten inte begränsar val av markanvändning. Alla grupper av människor (barn, vuxna, äldre) kan vistas permanent inom området under en livstid. Grundvatten inom och intill området skyddas.

<sup>i</sup> Naturvårdsverket rapport 5976, 2009.

<sup>ii</sup> <http://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/vagledning/fororenade-omraden/berakning-riktvarden/generella-riktvarden-20160707.pdf>. Nedladdad 2016-08-16.

- MKM - Mindre känslig markanvändning, där markkvaliteten begränsar val av markanvändning till exempelvis kontor, industrier eller vägar. De exponerade grupperna antas vara personer som vistas i området under sin yrkesverksamma tid samt barn och äldre som vistas i området tillfälligt. Grundvatten 200 m nedströms området skyddas.

Uppmätta halter av det högfluorerade ämnet perfluoroktansulfonat (PFOS) jämförs mot de preliminära riktvärden som Sveriges geologiska institut<sup>iii</sup> (SGI) har tagit fram som ett stöd för bedömning av risker och en del i underlaget för att ta fram åtgärds mål för förorenade områden. Modellen de använt för att ta fram dessa riktvärden är den samma som Naturvårdsverket har använt för att ta fram de generella riktvärdena för förorenad mark. För PFOS finns preliminära riktvärden för KM och MKM. I denna rapport används dessa föreslagna riktvärden vid utvärdering av uppmätta halter i jord.

Eftersom fastigheten används för industriverksamhet bedöms Naturvårdsverkets generella riktvärden för mindre känslig markanvändning (MKM) vara lämpliga som åtgärds mål. Det bör dock noteras att det är Miljöförvaltningen, Uppsala kommun, som beslutar om vilka åtgärds mål och därmed haltkriterier/riktvärden som ska vara gällande.

#### 9.4.2 Bedömningsgrunder, asfalt

Naturvårdsverket har inte tagit fram några generella riktvärden för summa PAH-16 i asfalt. För att bedöma hur asfalt ska hanteras har miljöförvaltningarna i Stockholm, Göteborg och Malmö tagit fram gemensamma riktlinjer för hantering av asfalt innehållande PAH<sup>iv</sup>, se Tabell 3.

Tabell 3. Riktlinjer av hantering av asfalt enligt gemensamma riktlinjer från miljöförvaltningarna i Stockholm, Göteborg och Malmö samt VV publicerad 2004:90

Klass	Summa PAH 16	Hantering
Klass 1	< 70 ppm	Fri användning som bär- och slitlager inom vägkonstruktioner.
Klass 2	≥ 70 < 300 ppm	Obegränsad användning i vägkonstruktion som bundet eller obundet bärlager/förstärkningslager under ny asfalt.
Klass 3	≥ 300 < 1000 ppm	Begränsad användning i vägkonstruktion som bundet eller obundet bärlager/förstärkningslager under ny asfaltsbeläggning. Ej inom vattenskyddsområde och alltid i samråd med miljömyndigheten.
Klass 4	≥ 1000 ppm alt. ≥ 0,1 % koncentration stenkolstjära	Farligt avfall (Miljöförvaltningarna i Stockholm, Göteborg och Malmö). En särskild bedömning krävs (Vägverket).

#### 9.4.3 Sulfidlera

##### Bakgrund/syfte med provtagning av svavel och sulfid

Sulfatjordar har utvecklats ifrån marina, sulfidhaltiga gyttjeleror som bildades efter den sista istiden då stora delar av Sverige låg under havets yta. Vid kontakt med syre, exempelvis genom landhöjning, dikning eller schaktning, oxiderar sulfid till sulfat samtidigt som svavelsyra frisätts och sänker pH-värdet i marken. Det sura förhållandet frigör metaller från jordens mineral, t.ex. tungmetaller såsom kadmium, nickel, zink och koppar. Höga sulfidhalter i schaktmassor medför därför att särskild hantering krävs.

<sup>iii</sup> Preliminära riktvärden för högfluorerade ämnen (PFAS) i mark och grundvatten, SGI Publikation 21, 2015

<sup>iv</sup> Tjära i asfaltsbeläggningar – gemensamma rutiner för Stockholm, Göteborg och Malmö, 2003-09-01



### Indikation på sulfidlera

Det pågår just nu diskussioner inom byggbranschen gällande klassificeringssystem för huruvida en jord är en sulfidjord eller ej och det finns i dagsläget inga fastställda bedömningsgrunder.

På sida 18 i Vägverkets publikation 2007:100<sup>v</sup> anges att svavelhalten, som anger hur stor mängd svavel som kan oxideras till svavelsyra, i en sulfidjord normalt varierar mellan 0,1 och 2 vikt-% av TS. Det föreslås att en jord med en svavelhalt på mindre än 0,06-vikt-% av TS (600 mg/kg TS) inte klassas som sulfidjord eftersom dessa halter ger en försumbar försurningseffekt.

På Nätverket Renare Mark Mälardalens årsmöte<sup>vi</sup> presenterades i en remissversion framtagen av Trafikverket, ett klassificeringssystem för sulfidlera:

- Jord med en totalsvavelhalt på <1000 mg/kg TS - klassas ej som en sulfidjord
- Jord med en totalsvavelhalt >1000 mg/kg TS och med en hög buffringskapacitet – sulfidjord/sulfatjord med försumbar försurningsrisk.
- Jord med en totalsvavelhalt >1000 mg/kg TS och med buffringskapacitet – sulfidjord/sulfatjord med låg försurningsrisk.
- Jord med en totalsvavelhalt <1000 mg /kg TS, med viss buffringskapacitet kvar och lågt pH (<4,3) – sur sulfatjord med låg försurningsrisk
- Jord med en totalsvavelhalt > 1000 mg/kg TS utan buffringskapacitet – sur sulfatjord med försurningsrisk.
- Jord med en totalsvavelhalt på mellan 1000 och 4000 mg/kg TS och låg buffringskapacitet – sulfidjord (sur sulfatjord) med hög försurningsrisk.
- Jord med en totalsvavelhalt >4000 mg/kg TS utan buffringskapacitet – sulfidjord (sur sulfatjord) med en mycket hög försurningsrisk.

Det saknas gränsvärden för svavel/sulfid i Naturvårdsverkets författningssamling om deponering av avfall<sup>vii</sup> NFS 2004:10. Dock finns det angivet ett tillägg rörande utvinningsavfall som ofta kan innehålla höga halter svavel. Avfall ska anses vara inert avfall enligt artikel 3.3 i direktiv 2006/21/EG när kriterier är uppfyllda på kort sikt och på lång sikt:

- Avfallet har en maximihalt på 0,1 % sulfid-svavel (0,1 % = 1 000 mg/kg TS)
- Avfallet har en maximihalt på 1 % sulfid-svavel (1 % = 10 000 mg/kg TS) och en neutraliseringspotentialskvot, definierad som kvoten mellan neutraliseringspotentialen och syrapotentialen och fastställd genom den statistiska provningen prEN 15875, som är större än 3.

## 9.5 Analysresultat

Analysresultaten för tungmetaller, PAH, PCB, BTEX, alifater och aromater från provtagningspunkterna 21B04, 05, 06, 10, 11, 20, 21, 24, 38, 40, 46, 51, 55, 60, 65, 67 och 68 har sammanställts i Tabell 4 - 7. För polycykliska aromatiska kolväten (PAH) redovisas endast summaparametrar. Analysresultaten för PFAS har sammanställts i Tabell 8.

Resultat av enskilda analysparametrar återfinns i Bilaga 6 i tillhörande MUR. Provtagningspunkternas läge framgår av planritning G-10.1-01 i tillhörande MUR.

<sup>v</sup> Vägverket rapport 2007:100. Råd och rekommendationer för hantering av sulfidjordmassor. 2007.

<sup>vi</sup> Webbinarium om sulfidjord och sulfidberg, den 10 mars, 2021.

<sup>vii</sup> Naturvårdsverkets författningssamling 2004:10. Naturvårdsverkets föreskrifter om deponering, kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid anläggningar för deponering av avfall. 2004.

**9.5.1 Analysresultat - tungmetaller, PAH, PCB, BTEX, alifater och aromater**

Tabell 4. Sammanställning av lab.alyser för jordprov, enhet är mg/kg TS om inget annat anges.

Provpunkt 21B	04	04	05	05	06	06	Gräns- och riktvärden		
Djup (m u my)	0–0,2	0,2–1,0	1,3–2,0	3,0–4,0	0–1,0	1,2–2,0	MRR	KM	MKM
Jordart	Hu	Let	F/saLe	F/Le	F/Let	sivLet			
TOC	-	-	1,1	-	-	-			
<b>Organiska ämnen</b>									
<b>BTEX</b>									
Bensen	-	-	<0,0035	-	<0,0035	-	i.r	0,012	0,04
Toluen	-	-	<0,10	-	<0,10	-	i.r	10	40
Etylbensen	-	-	<0,10	-	<0,10	-	i.r	10	50
Xylen	-	-	<0,10	-	<0,10	-	i.r	10	50
<b>Alifater</b>									
>C <sub>5</sub> -C <sub>8</sub>	-	-	<5,0	-	<5,0	-	i.r	25	150
>C <sub>8</sub> -C <sub>10</sub>	-	-	<3,0	-	<3,0	-	i.r	25	120
>C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	-	-	<5,0	-	<5,0	-	i.r	100	500
>C <sub>12</sub> -C <sub>16</sub>	-	-	<5,0	-	<5,0	-	i.r	100	500
>C <sub>16</sub> -C <sub>35</sub>	-	-	<10	-	<10	-	i.r	100	1000
<b>Aromater</b>									
>C <sub>8</sub> -C <sub>10</sub>	-	-	<4,0	-	<4,0	-	i.r	10	50
>C <sub>10</sub> -C <sub>16</sub>	-	-	<0,90	-	<0,90	-	i.r	3	15
>C <sub>16</sub> -C <sub>35</sub>	-	-	<0,50	-	<0,50	-	i.r	10	30
<b>Polycykliska aromatiska kolväten</b>									
PAH L	<0,045	<0,045	<0,045	<0,045	<0,045	<0,045	0,6	3	15
PAH M	<0,075	<0,075	<0,075	<0,075	0,18	<0,075	2	3,5	20
PAH H	<0,11	<0,11	<0,11	<0,11	0,2	<0,11	0,5	1	10
<b>Metaller</b>									
Arsenik As	5,7	5,9	6,8	4,1	3,7	3,1	10	10	25
Barium Ba	86	110	88	95	84	120	i.r	200	300
Bly Pb	17	13	22	18	19	14	20	50	400
Kadmium Cd	< 0,20	< 0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,2	0,8	12
Kobolt Co	12	12	12	15	13	13	i.r	15	35
Koppar Cu	22	25	27	29	27	29	40	80	200
Krom Cr	32	38	43	46	40	42	40	80	150
Kvicksilver Hg	0,037	< 0,012	0,019	<0,014	0,016	0,012	0,1	0,25	2,5
Nickel Ni	21	23	29	32	28	26	35	40	120
Vanadin V	37	42	48	50	42	46	i.r	100	200
Zink Zn	75	68	95	89	93	73	120	250	500
<b>PCB</b>									
PCB Summa 7	-	-	<0,0070	-	-	-		0,008	0,2

PAH = polycykliska aromatiska kolväten. <markerar halter under laboratoriets rapporteringsgräns. – markerar ej analyserat. Halter som överskrider Naturvårdsverkets MRR (Mindre än Ringa Risk Halter, NV Handbok 2010:1) markeras i **grön/fetstil**. i.r = inget riktvärde. Halter som överskrider Naturvårdsverkets generella riktvärden (NV rapport 5976, 2009, reviderade i juni 2016) för KM (känslig markanvändning) markeras i **gult/fetstil** och för MKM (mindre känslig markanvändning) markeras i **rosa/understruken/fetstil**.

Tabell 5. Sammanställning av laboratorieanalyser för jordprov, enhet är mg/kg TS om inget annat anges.

Provpunkt 21B	10	11	21	24	38	Gräns- och riktvärden		
						MRR	KM	MKM
Djup (m u my)	0,2–1,0	2,5–3,0	0–0,6	0–0,3	0–0,3			
Jordart	F/Let	F/Le	F/sagruLe	leHu	leHu			
<b>TOC</b>	-	-	1,8	-	-			
<b>Organiska ämnen</b>								
<b>BTEX</b>								
Bensen	<0,0035	<0,0035	-	-	-	i.r	0,012	0,04
Toluen	<0,10	<0,10	-	-	-	i.r	10	40
Etylbensen	<0,10	<0,10	-	-	-	i.r	10	50
Xylen	<0,10	<0,10	-	-	-	i.r	10	50
<b>Alifater</b>								
>C <sub>5</sub> -C <sub>8</sub>	<5,0	<5,0	-	-	-	i.r	25	150
>C <sub>8</sub> -C <sub>10</sub>	<3,0	<3,0	-	-	-	i.r	25	120
>C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	<5,0	<5,0	-	-	-	i.r	100	500
>C <sub>12</sub> -C <sub>16</sub>	<5,0	<5,0	-	-	-	i.r	100	500
>C <sub>16</sub> -C <sub>35</sub>	<10	<10	-	-	-	i.r	100	1000
<b>Aromater</b>								
>C <sub>8</sub> -C <sub>10</sub>	<4,0	<4,0	-	-	-	i.r	10	50
>C <sub>10</sub> -C <sub>16</sub>	<0,90	<0,90	-	-	-	i.r	3	15
>C <sub>16</sub> -C <sub>35</sub>	<0,50	<0,50	-	-	-	i.r	10	30
<b>Polycykliska aromatiska kolväten</b>								
PAH L	<0,045	<0,045	<0,045	<0,045	<0,045	0,6	3	15
PAH M	0,12	<0,075	0,12	<0,075	<0,075	2	3,5	20
PAH H	0,13	<0,11	0,14	<0,11	<0,11	0,5	1	10
<b>Metaller</b>								
Arsenik As	4,6	6,3	2,9	4,5	3	10	10	25
Barium Ba	98	110	51	92	100	i.r	200	300
Bly Pb	20	19	17	19	22	20	50	400
Kadmium Cd	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,2	0,8	12
Kobolt Co	14	17	8,6	13	13	i.r	15	35
Koppar Cu	27	34	19	23	28	40	80	200
Krom Cr	43	50	20	42	39	40	80	150
Kvicksilver Hg	0,027	0,016	0,028	0,043	0,045	0,1	0,25	2,5
Nickel Ni	28	38	12	27	24	35	40	120
Vanadin V	47	55	28	48	51	i.r	100	200
Zink Zn	89	100	93	95	95	120	250	500

PAH = polycykliska aromatiska kolväten. <markerar halter under laboratoriets rapporteringsgräns. – markerar ej analyserat. Halter som överskrider Naturvårdsverkets MRR (Mindre än Ringa Risk Halter, NV Handbok 2010:1) markeras i **grön/fetstil**. i.r = inget riktvärde. Halter som överskrider Naturvårdsverkets generella riktvärden (NV rapport 5976, 2009, reviderade i juni 2016) för KM (känslig markanvändning) markeras i **gult/fetstil** och för MKM (mindre känslig markanvändning) markeras i **rosa/understruken/fetstil**.

Tabell 6. Sammanställning av laboratorieanalyser för jordprov, enhet är mg/kg TS om inget annat anges.

Provpunkt 21B	38	40	46	46	51	Gräns- och riktvärden		
						MRR	KM	MKM
Djup (m u my)	0,3–1,3	0–1,0	0–0,3	0,3–1,0	1,6–1,8			
Jordart	siLe(t)	F/Let	leHu	sivLet	F/Le			
<b>TOC</b>	-	-	1,7	-	-			
<b>Organiska ämnen</b>								
<b>BTEX</b>								
Bensen	-	-	-	-	<0,0035	i.r	0,012	0,04
Toluen	-	-	-	-	<0,10	i.r	10	40
Etylbensen	-	-	-	-	<0,10	i.r	10	50
Xylen	-	-	-	-	<0,10	i.r	10	50
<b>Alifater</b>								
>C <sub>5</sub> -C <sub>8</sub>	-	-	-	-	<5,0	i.r	25	150
>C <sub>8</sub> -C <sub>10</sub>	-	-	-	-	<3,0	i.r	25	120
>C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	-	-	-	-	<5,0	i.r	100	500
>C <sub>12</sub> -C <sub>16</sub>	-	-	-	-	<5,0	i.r	100	500
>C <sub>16</sub> -C <sub>35</sub>	-	-	-	-	<10	i.r	100	1000
<b>Aromater</b>								
>C <sub>8</sub> -C <sub>10</sub>	-	-	-	-	<4,0	i.r	10	50
>C <sub>10</sub> -C <sub>16</sub>	-	-	-	-	<0,90	i.r	3	15
>C <sub>16</sub> -C <sub>35</sub>	-	-	-	-	<0,50	i.r	10	30
<b>Polycykliska aromatiska kolväten</b>								
PAH L	<0,045	<0,045	<0,045	-	<0,045	0,6	3	15
PAH M	<0,075	<0,075	0,092	-	<0,075	2	3,5	20
PAH H	<0,11	<0,11	0,13	-	<0,11	0,5	1	10
<b>Metaller</b>								
Arsenik As	3,3	5,6	3,6	3,1	3,3	10	10	25
Barium Ba	89	160	140	130	110	i.r	200	300
Bly Pb	14	17	22	17	14	20	50	400
Kadmium Cd	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,2	0,8	12
Kobolt Co	13	16	16	15	13	i.r	15	35
Koppar Cu	24	40	37	34	28	40	80	200
Krom Cr	40	51	45	43	38	40	80	150
Kvicksilver Hg	<0,012	0,02	0,065	0,019	0,02	0,1	0,25	2,5
Nickel Ni	27	32	29	29	24	35	40	120
Vanadin V	42	57	51	49	43	i.r	100	200
Zink Zn	65	98	120	96	83	120	250	500

PAH = polycykliska aromatiska kolväten. <markerar halter under laboratoriets rapporteringsgräns. – markerar ej analyserat. Halter som överskrider Naturvårdsverkets MRR (Mindre än Ringa Risk Halter, NV Handbok 2010:1) markeras i **grön/fetstil**. i.r = inget riktvärde. Halter som överskrider Naturvårdsverkets generella riktvärden (NV rapport 5976, 2009, reviderade i juni 2016) för KM (känslig markanvändning) markeras i **gult/fetstil** och för MKM (mindre känslig markanvändning) markeras i **rosa/understruken/fetstil**.

Tabell 7. Sammanställning av laboratorieanalyser för jordprov, enhet är mg/kg TS om inget annat anges.

Provpunkt 21B	55	60	65	67	68	68	Gräns- och riktvärden		
							MRR	KM	MKM
Djup (m u my)	0,05–0,6	0–0,3	0,1–0,4	0–0,3	1,0–2,0	2,0–3,0			
Jordart	F/Gr	leHu	F/grSa	F/Sa	F/grLe	F/sugrLe			
<b>TOC</b>	-	1,7	-	-	1,1	-			
<b>Organiska ämnen</b>									
<b>BTEX</b>									
Bensen	-	-	<0,0035	<0,0035	-	-	i.r	0,012	0,04
Toluen	-	-	<0,10	<0,10	-	-	i.r	10	40
Etylbensen	-	-	<0,10	<0,10	-	-	i.r	10	50
Xylen	-	-	<0,10	<0,10	-	-	i.r	10	50
<b>Alifater</b>									
>C <sub>5</sub> -C <sub>8</sub>	-	-	<5,0	<5,0	-	-	i.r	25	150
>C <sub>8</sub> -C <sub>10</sub>	-	-	<3,0	<3,0	-	-	i.r	25	120
>C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	-	-	<5,0	<5,0	-	-	i.r	100	500
>C <sub>12</sub> -C <sub>16</sub>	-	-	<5,0	<5,0	-	-	i.r	100	500
>C <sub>16</sub> -C <sub>35</sub>	-	-	56	<10	-	-	i.r	100	1000
<b>Aromater</b>									
>C <sub>8</sub> -C <sub>10</sub>	-	-	<4,0	<4,0	-	-	i.r	10	50
>C <sub>10</sub> -C <sub>16</sub>	-	-	<0,90	<0,90	-	-	i.r	3	15
>C <sub>16</sub> -C <sub>35</sub>	-	-	<0,50	<0,50	-	-	i.r	10	30
<b>Polycykliska aromatiska kolväten</b>									
PAH L	<0,045	<0,045	<0,045	<0,045	<0,045	<0,045	0,6	3	15
PAH M	<0,075	<0,075	<0,075	0,18	0,094	<0,075	2	3,5	20
PAH H	<0,11	<0,11	<0,11	0,2	0,13	<0,11	0,5	1	10
<b>Metaller</b>									
Arsenik As	6,7	3,5	<1,9	<2,0	4,2	4,8	10	10	25
Barium Ba	170	120	41	26	92	110	i.r	200	300
Bly Pb	20	19	7,3	7,5	19	18	20	50	400
Kadmium Cd	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,2	0,8	12
Kobolt Co	18	15	6,9	5,3	14	16	i.r	15	35
Koppar Cu	45	28	15	12	26	31	40	80	200
Krom Cr	54	44	18	13	39	45	40	80	150
Kvicksilver Hg	<0,014	0,023	<0,010	<0,010	0,024	<0,014	0,1	0,25	2,5
Nickel Ni	35	27	11	5,7	28	31	35	40	120
Vanadin V	54	50	23	17	43	51	i.r	100	200
Zink Zn	110	98	31	34	90	91	120	250	500
<b>PCB</b>									
PCB Summa 7	-	-	-	-	-	<0,007		0,008	0,2

PAH = polycykliska aromatiska kolväten. <markerar halter under laboratoriets rapporteringsgräns. – markerar ej analyserat. Halter som överskrider Naturvårdsverkets MRR (Mindre än Ringa Risk Halter, NV Handbok 2010:1) markeras i **grön/fetstil**. i.r = inget riktvärde. Halter som överskrider Naturvårdsverkets generella riktvärden (NV rapport 5976, 2009, reviderade i juni 2016) för KM (känslig markanvändning) markeras i **gult/fetstil** och för MKM (mindre känslig markanvändning) markeras i **rosa/understruken/fetstil**.

Analysresultatet påvisar halter av kobolt precis över Naturvårdsverkets riktvärde för känslig markanvändning (KM) i 21B05 (3–4 m), 21B11 (2,5–3,0 m), 21B40 (0–1,0 m), 21B46 (0–1,0 m), 21B55 (0,05–0,6 m), 21B60 (0–0,6 m) och 21B68 (2–3 m). För samtliga av dessa prov överskrider även halten av krom gränsvärdet för mindre än ringa risk (MRR).

Utöver förhöjda halter av kobolt och krom överskrider även gränsvärdet för MRR i ett flertal prov med avseende på bly, koppar, nickel eller zink. Inga halter överskrider det bedömda åtgärds målet av det generella riktvärdet för MKM.

### Klororganiska pesticider

De två screeninganalyser av klorerade pesticider som gjorts på prov i anslutning till den f.d plantskolan visar att det i 21B21 (0–0,6 m) förekommer halter av dieldrin, chlordane gamma, DDT, DDE, DDD och pentakloranilin över laboratoriets rapporteringsgränser. I prov från 21B67 (0–0,3 m) förekommer halter av dieldrin, DDT, DDE, DDD, hexaklorbensen, pentakloranilin och pentaklorbensen över laboratoriets rapporteringsgränser. Samtliga halter underskrider det generella riktvärdet för KM.

Resultat av enskilda analysparametrar återfinns i Bilaga 6 i tillhörande MUR.

### PFAS

Analysresultatet för PFAS har sammanställts i Tabell 8. Endast analysparametrarna PFOS och summa PFAS-11 presenteras i tabellen, resultat av enskilda parametrar återfinns i Bilaga 6 i tillhörande MUR.

Jordprov från 21B05, 06, 10, 38, 55, 60 och 65

Tabell 8. Uppmätta halter av PFOS och PFAS-11. Enhet µg/kg TS

Provpunkt 21B	05	06	10	38	55	60	65	KM	MKM
Djup (m u my)	1,3–2	0–1	0,2–1	0–0,3	0–0,3	0–0,3	0,1–0,4		
Högfluorerade ämnen									
PFOS	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,086	<b>0,14</b>	<b>3</b>	<b>20</b>
Summa PFAS	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	0,75	<b>0,73</b>	<b>i.r</b>	<b>i.r</b>

PFOS = perfluoroktansulfonat. PFAS = högfluorerade ämnen. Halter som överskrider riktvärden enligt SGI:s publikation 21 för KM (känslig markanvändning) markeras i **gult/fetstil** och för MKM (mindre känslig markanvändning) markeras i **rosa/understruken/fetstil**. Resultatet som överskrider laboratoriets rapporteringsgräns är markerat i fetstil. i.r = inget riktvärde.

Analysresultatet för de 7 jordproverna som analyserats med avseende på PFOS och PFAS-11 visar att uppmätta halter underskrider SGI:s riktvärden för KM. I 21B65 (0,1 – 0,4 m) påvisades halt av PFOS och därmed även summa PFAS-11 över laboratoriets rapporteringsgräns men i övriga prov är halterna under rapporteringsgränsen.

### 9.5.2 Analysresultat, asfalt

Analysresultaten har sammanställts i Tabell 9. För PAH redovisas endast summaparametrar i tabellen. Resultat av enskilda analysparametrar återfinns i Bilaga 6 i tillhörande MUR.

Tabell 9. Utförda laboratorieanalyser av asfalt från fastigheten, enhet är mg/kg TS

Prov (djup)	PAH cancerogena	PAH övriga	Summa PAH 16	Klass
21B55 (0–0,05)	6,1	9,5	16	Klass 1

Genomförda laboratorieanalyser visar att halterna av PAH-16 motsvarar klass 1, det vill säga mindre än 70 ppm, i samtliga analyserade prover.

Provtagningspunkternas läge framgår av planritning G-10.1-01 i tillhörande MUR.

### 9.5.3 Analysresultat, sulfidlera

Resultatet av sulfidanalyserna för 21B05 (5,0 – 5,8 m u my), 21B11 (2,5 – 3,0 m u my) och 21B10 (3,0 – 4,9 m u my) presenteras i Tabell 10. I tabellen presenteras halterna av svavel, sulfid och en initial bedömning om leran klassas som sulfidlera (totalsvavel > 1000 mg/ kg TS).

Tabell 10 Sammanställning av analysresultatet för sulfidlera och initial bedömning om leran klassas som sulfidlera eller ej (totalsvavel > 1000 mg/ kg TS). Halterna anges i mg/kg TS.

Prov (djup m u my)	Svavel	Sulfid, total	Bedömning
21B05 (5,0–5,8)	3900	4000	Sulfidjord
21B11 (2,5–3,0)	940	260	Ej sulfidjord
21B10 (3,0–4,9)	240	39	Ej sulfidjord

Analysresultatet för de tre proverna visar att totalsvavelhalten endast överskrider 1000 mg/kg TS i 21B05 (5,0 – 5,8 m u my). Detta innebär inte nödvändigtvis att sulfidleran är försurande, utan endast att den klassas som sulfidjord. För de andra två proverna underskrider totalsvavelhalten 1000 mg/ kg TS och klassas därför inte som sulfidjord.

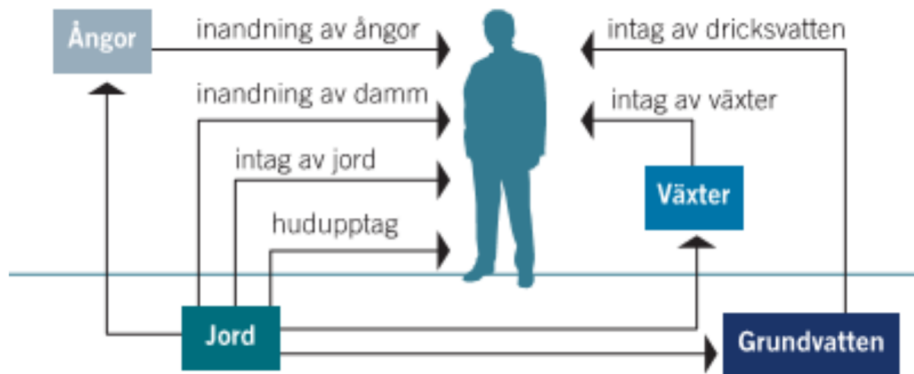
## 9.6 Översiktlig riskbedömning

Den översiktliga riskbedömningen baseras på Naturvårdsverkets metodik för inventering av förorenade områden<sup>viii</sup>. Bedömningen baseras på fyra parametrar som bedöms enligt skalan; liten risk, måttlig risk, stor risk och mycket stor risk. Följande parametrar beaktas:

- Föroreningarnas farlighet
- Föroreningsnivå
- Spridningsförutsättningar
- Områdets skyddsvärde och känslighet

I Naturvårdsverkets rapport 5976 finns nedanstående konceptuella figur som visar exponeringsvägar för människor som vistas inom förorenade områden, se Figur 5. Utöver dessa exponeringsvägar måste även hänsyn tas till transport och spridning av föroreningar i miljön, skydd av yt- och grundvatten samt skydd av markmiljön.

<sup>viii</sup> Naturvårdsverkets metodik för inventering av förorenade områden. Rapport 4918. 1999.



Figur 5. Konceptuell modell för exponeringsrisker, NV 5976.

För ett flertal prov som uttogs i lerig fyllning eller bedömt naturlig lera påvisades halter av halter av kobolt strax över Naturvårdsverkets generella riktvärde för känslig markanvändning (KM). Förhöjda halter av kobolt i lera är vanligt förekommande i Uppland och brukar klassas som naturliga bakgrundshalter. Vidare är den styrande exponeringsvägen för kobolt vid känslig markanvändning (KM) hälsorisker för människor via intaget av växter som odlas inom det förorenade området, vilket inte är aktuellt inom fastigheten. Halterna underskrider även det bedömda åtgärds målet för MKM.

I området runt handelsträdgården undersöktes jorden med avseende på klororganiska pesticider i provpunkterna 21B21 och 67. Likt provet som analyserades av Golder 2004 påvisas halter över laboratoriets rapporteringsgräns, men halterna underskrider det generella riktvärdet för KM. Då halterna är låga bedöms de inte utgöra någon risk för människor och miljö.

Förekomsten av PFAS undersöktes i borrhöjningarna 21B05, 06, 10, 38, 55, 60 och 65, vilka var geografiskt spridda över hela undersökningsområdet. Halter av PFAS över laboratoriets rapporteringsgräns påträffades endast i 21B65. Halterna för parametrarna PFOS och summa PFAS-11 underskred bägge SGIs föreslagna gränsvärdet för KM. 21B65 ligger strax söder om det område vilket undersöktes av Bjerking 2020 och 2021 för ett nytt höglager. PFAS bedöms både som farligt och ha hög spridningsrisk i jord och vatten. Dock är halterna låga samt underskrider riktvärdet för KM, följaktligen bedöms därför halterna inte utgöra någon risk för människor och miljö. Detta kan dock ha betydelse för massklassning och mottagningsanläggning vid framtida schaktarbeten.

Utifrån den planerade verksamheten på fastigheten och de påvisade föroreningshalterna blir den samlade riskbedömningen att det inte föreligger någon risk för människor och miljö utifrån de undersökningar som har utförts. Observera att det är Miljöförvaltningen som beslutar om åtgärds mål och försiktighetsåtgärder.

## 9.7 Rekommendationer

Ingen av de valda analysparametrarna har halter som överskrider de generella riktvärdena för MKM. De halter av kobolt som överskrider det generella riktvärdet för KM bedöms vara naturliga bakgrundshalter i lera. Trots detta kan det finnas behov att utföra kompletterande undersökning i de olika delområdena, i samband med planerade markarbeten. Den genomförda miljötekniska undersökningen har varit översiktlig och bör därför ses som en fingervisning om föroreningsituationen i området. Speciellt området runt plantskolan och där halter PFAS påvisats kan behöva ytterligare undersökningar.



I samband med kommande markarbeten rekommenderas att massor transporteras till godkänd mottagningsanläggning. Utifrån föroreningsgrad och egenskaper hos de förorenade massorna behandlas de olika hos mottagningsanläggningarna. I NFS 2004:10 finns olika kriterier beskrivna hur en klassindelning av förorenade massor kan utföras. Det finns tre klasser; inert avfall, icke-farligt avfall och farligt avfall.

Inom ramen för denna undersökning har inte samtliga parametrar undersökts vilket krävs för att kunna klassa eventuella överskotsmassor enligt NFS 2004:10. Vidare utgör förekomsten av PFAS ett problem vid klassning av massor då det i dagsläget inte finns riktvärden eller gränsvärden för PFAS i mottagningskriterierna för deponier. Om en mottagningsanläggning kan ta emot massor som konstaterats innehålla PFAS är därför en bedömning i varje enskilt fall.

Totalsvavelhalten i 21B05 överskred 1000 mg/kg TS, vilket som tidigare nämnts inte nödvändigtvis innebär att sulfidleran är försurande, utan endast att den klassas som sulfidjord. För att kunna avgöra om sulfidleran är försurande eller ej behövs ytterligare undersökning och analys.

### **9.8 Anmälan om förorening**

Halterna av kobolt över KM ska, trots att de bedöms vara naturliga, omgående anmälas till Miljöförvaltningen, Uppsala kommun, i enlighet med Miljöbalken 10 kap. 11 §. Likaså ska Miljöförvaltningen informeras senast sex veckor innan eventuella markarbeten påbörjas inom det förorenade området. Om nya föroreningar upptäcks vid schaktning ska Miljöförvaltningen informeras omgående. Miljöförvaltningen beslutar om åtgärdsåtgärder.

## 10 Grundläggning

### 10.1 Pålning

Utifrån undergrundens geotekniska förutsättningar bedöms pålning vara den grundläggningsmetod som kommer bli aktuell inom stora delar av området. Bakgrunden är dels mäktiga lerdjup, dels lerans sättningsbenägenhet samt att de byggnader som planeras huvudsakligen utgörs av större kvalificerade anläggningar.

Pålning bör ske ner till bergets överyta vilket innebär en förväntad pållängd uppgår till mellan ca 4,5 och 25 m. Se bilaga G-10.1-03 för djupet till berg räknat från befintlig markyta. Val av påltyp beror på den specifika anläggningens flera förutsättningar t.ex. lerdjup, laster, spännvidder, omgivningspåverkan vilket innebär att såväl betong- som stålpålar kan bli aktuellt.

Pålning kan ge upphov till störande ljud och vibrationer för närområdet. Val av påltyp och installationsmetod bör väljas därefter. T.ex. ger borrade pålar normalt upphov till mindre omgivningspåverkan än slagna betongpålar.

Vid projektering skall beaktas att sättningar uppstår vid icke förstärkta ytor vid t.ex. en kan detta resultera i att marken sjunker i anslutning till en pålad byggnad vilket kan påverka kablar, ledningar och entréer negativt.

### 10.2 Grundläggning direkt på mark

Inom delar av området kan det även bli aktuellt med en grundläggning direkt på mark. Detta berör i huvudsak den nordöstra delen av fastigheten där lermäktigheten uppgår till max ca 2 m, se Figur 3 för ungefärlig delyta. Beroende på byggnadstyp, stomsystem, lastnedtagning, källare, acceptabla sättningar och eventuella geotekniska åtgärder bedöms även vissa byggnader kunna grundläggas direkt i mark där lerdjupet uppgår till som mest ca 5 m.

Geotekniska åtgärder kan då utgöras av lastkompensation, vilket innebär att en del av leran schaktas bort och ersätts med ett lättare material, eller förbelastning, som innebär att massor läggs upp i ett tidigt skede och därmed "tar ut" förväntade sättningar.

#### 10.2.1 Lastkompensation

Förväntade sättningar kan förhindras eller minskas genom lastkompensation. Med lastkompensation menas att den last som t.ex. en byggnad eller markhöjning tillför kompenseras av att en del av befintlig jord schaktas bort och ersätts med ett lättare material. Exempel på lättfyllnadsmaterial är skumglas, lättklinker och cellplast.

Lastkompensationen kan antingen helt kompensera tillskottslasten alternativt bara så pass mycket att förväntade kvarvarande sättningarna kan accepteras.

Ytterligare ett sätt som fungerar som lastkompensera att förse byggnaden med källare. Under rätt förutsättningar kan man nästan få en källare "på köpet" med hänsyn till grundläggningskostnader.

#### 10.2.2 Förbelastning

En förbelastning behöver utföras i god tid före grundläggningen. Tanken är att förbelastningen genom uppfyllnad av jordmassor genererar en del av de sättningar som annars skulle utbildas av lasten från planerade byggnader eller markhöjningar. Desto högre fyllnadshöjd och längre förbelastningstid - desto mer sättningar tas ut.

Förbelastning bör föregås av en sättnings- och stabilitetsutredning där man dels beräknar hur mycket och hur länge förbelastningen skall verka. Man bör också förvissa sig om att man inte orsakar markbrott vid pålastning. Vid förbelastning bör man räkna med en liggtid på mellan 1 – 2 år.

### 10.3 Pålning och platta på mark

Ett tredje alternativ, som egentligen är en kombination av de två föregående innebär att större laster från stommen pålas medan plattan utförs friliggande. Detta innebär alltså att laster från väggar och tak förs ner separat i pelare och kantbalkar som pålas. Däremot grundläggs golvet direkt i mark utan pålning. Detta alternativ är lämpligt om lerdjupet är begränsat, lerans sättningsegenskaper är relativt goda och att lasterna på golvet inte är alltför stora. Det är viktigt att stomme och platta dilateras, d.v.s. att det byggs in en vertikal rörelsemån mellan de två konstruktionerna så de tillåts sätta sig olika.

## Schakt och stabilitet

Inom större delen av fastigheten kan schakt utföras i släntlutning 1:1 ner till 2 m djup utan geotekniska förstärkningsåtgärder, se typschakt 4 i Schakta Säkert. Belastas inte slänkrön kan motsvarade schakt utföras ner till 2,75 m djup, se typschakt 3 i Schakta Säkert.

I den södra delen, ner mot Gnistarondellen, skall schakt begränsas till 1,2 m med släntlutning 1:1 med hänsyn till de geotekniska förutsättningarna, se typschakt 1 i Schakta Säkert. Belastas inte slänkrön kan motsvarade schakt utföras ner till 1,75 m djup, se typschakt 1 i Schakta Säkert.

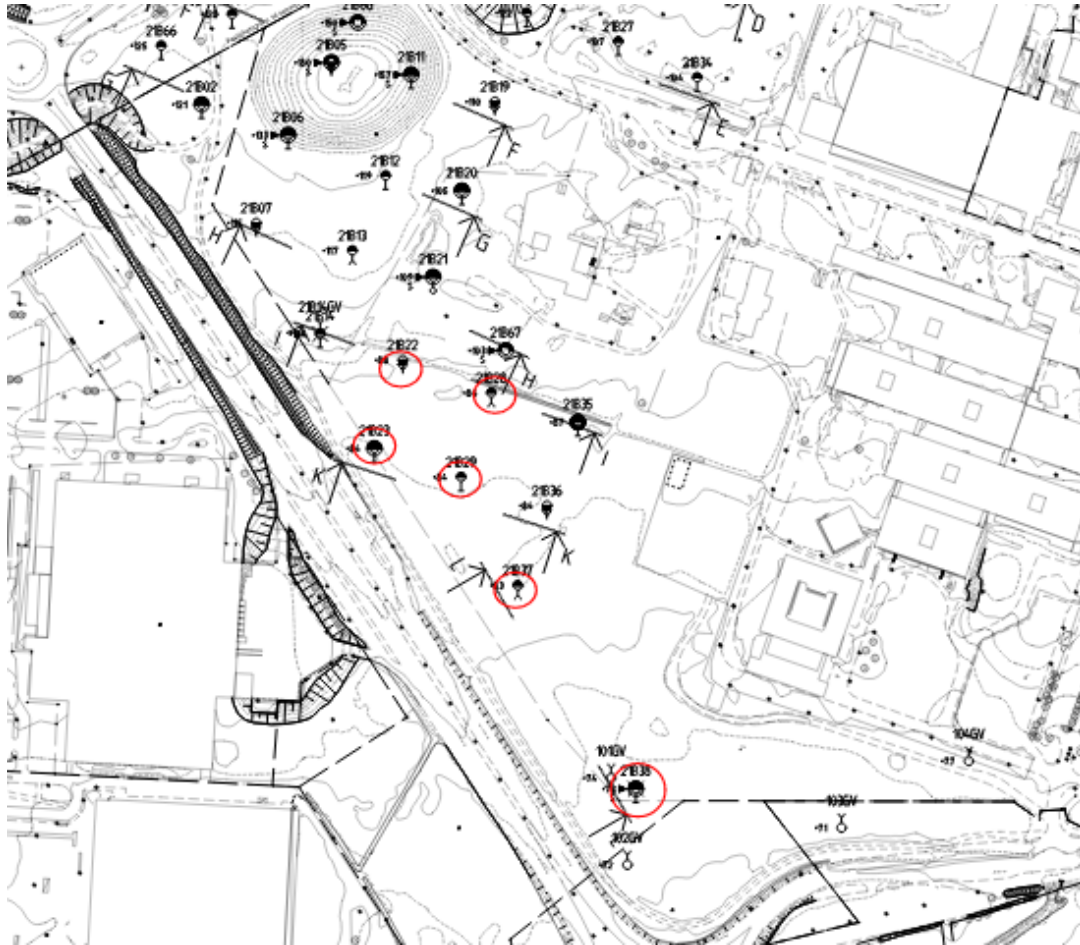
Djupare schakter för t.ex. källare och ledningar samt schakter för dammar bör utredas separat i samråd med geotekniker.

Allmänt gäller att schakt för källare sannolikt kommer att erfordra spont inom större delen av området.

Generellt kan schakt utföras ner till ca 4 meters djup, d.v.s. motsvarande schakt för en källarvåning, utan risk för bottenuppträckning. Undantaget är ett område i anslutning till den sydvästra delen av området ut mot Tycho Hedens väg, se Figur 6. Inom denna delyta bör man vidare utreda risken för bottenuppträckning i samband med djupare schaktning.

Det kan nämnas att hydraulisk bottenuppträckning uppkommer när den upptryckande kraften från det "instängda" grundvattnet under lerlagret är större än den nedåtryckande kraften, d.v.s. tyngden, från ovanliggande jord.

Vid schaktarbeten ovan grundvattnets trycknivå finns således ingen risk för hydraulisk bottenuppträckning, se även Figur 4.



Figur 6 Vid inringade borrpunkter finns en risk för hydraulisk bottenuppträckning vid en 4 m djup schakt räknat från befintlig markyta.

## 11 Miljöaspekter – geoteknik

### 11.1 Förändrade förutsättningar – klimatförändring

Att ta hänsyn till klimatlasters effekt på naturlig mark och geokonstruktioner kan förlänga byggnaders livslängd och bidra till minskade kostnader ur ett livscykelperspektiv.

Klimatlast som förväntas påverka det undersökta området är framförallt en potentiell höjning alternativt sänkning av grundvattenytan. Om grundvattenytan sänks utbildas sättningar för markytor som angränsar till pålgrundlagda byggnader vilket kan medföra ett större behov av underhållsåtgärder samt ledningsrenoveringar. Även påhängslaster på mantelburna pålar ökar vid sättningar av omgivande mark. Om grundvattenytan höjs minskar markens dränerande hållfasthet och upplyftande krafter ökar. För mer information rekommenderas läsning av SGI:s rapporter hänvisade i fotnot.

## 11.2 Aktiva val för minskad miljöbelastning

Det finns en möjlighet att tidigt i projekteringen göra aktiva val av byggmaterial/resurser för minskad miljöbelastning. Miljöbelastning avser ex. utsläpp av koldioxid, försurning, övergödning, energiförbrukning, färskvattenförbrukning m.fl. Miljöbelastning beror delvis av var och hur materialet tillverkas, transporter samt mängden material som behövs. Grundläggning som kräver mindre resurser är i allmänhet mindre miljöbelastande.

Ett aktivt val av byggmaterial kan ske med hjälp av miljövarudeklarationer (Environmental Product Declaration, EPD). Miljövarudeklarationer erhålls direkt från producenter eller via EnvironDec, ett internationellt EPD system anslutet till ISO 14025 samt EN 15804. Av miljövarudeklarationen framgår exempelvis hur resursen/materialet påverkar den globala uppvärmningen, nedbrytning av ozonlagret, eutrofiering, försurning mm.

## 12 Övrigt

### 12.1 Påverkan av träd

Inom området finns det idag ett flertal träd. I anslutning till många av dessa har marken sjunkit vilket resulterat i mindre "kratrar". Främst berör detta grönytor men det märks även tydlig på angränsande asfalterade ytor där asfalten spruckit. Denna marksjunkning är ett resultat av uttorkning av leran från vegetation eller större buskar och träd till följd av vattenupptagning. Vegetationen eller träden suger via sitt rotsystem ut det vatten som finns tillgängligt i jorden. Vid tidpunkter då vattenmängden i jorden inte är tillräcklig för trädets behov, exempelvis i samband med torrperioder, utökar trädet sitt rotsystem i horisontalled och vertikalled. Detta innebär att träden påverkar leran inom en zon vars volym ökar i takt med trädets tillväxt och antalet torrperioder.

Den vattenförlust som sker inom den zon där trädets rotsystem har sitt upptagningsområde orsakar en volymminskning i leran med en sättning som följd.

Vid nybyggnation på lerjordar rekommenderas ett minsta avstånd mellan träd och hus. Beroende på dess påverkandegrad dvs. skillnader i vattenupptagningsbehov, rotsystem mm. varierar minsta rekommenderade avstånd beroende på art mellan 0,5 och 1 gånger trädets höjd.

### 12.2 Riskanalys

I god tid före uppstart av entreprenadarbeten bör en riskanalys avseende omgivningspåverkan tas fram. Där utförs en inventering av angränsande byggnader och anläggningar. Vidare anges erforderlig omfattning av exempelvis syneförrättning, kontrollavvägning och vibrationsövervakning. Vid vibrationsövervakning anges även max tillåtna vibrationsnivåer för respektive kontrollobjekt. I aktuellt fall kommer detta beröra schaktnings-, pålnings- och sponningsarbeten inom området.

## 13 Bilagor

Benämning	Beskrivning	Skala	Daterad
G-10.1-02	Plan - Lerdjupskurvor	1:2000	2021-06-15
G-10.1-03	Plan – Djup till bergöveryta	1:2000	2021-06-15

## Bjerking AB

Geoteknik

Miljöteknik

Axel Svensson  
010-211 83 82  
axel.svensson@bjerking.se

My Ekelund  
010-211 84 17  
my.ekelund@bjerking.se

Granskad av

Granskad av

Henrik Håkansson  
010-211 81 06  
henrik.hakansson@bjerking.se

Ing-Marie Nyström  
010-211 81 57  
ing-marie.nystrom@bjerking.se





FÖRKLARINGAR

KARTA — DIGITAL GRUNDKARTA

KOORDINAT-SYSTEM — SWEREF99 1800

HÖJDSYSTEM — FIX NR 9126, +8,037  
RH2000

BETECKNINGAR

ALLM. — ENLIGT SGF/BGS BETECKNINGSSYSTEM  
VERSION 2012 (www.sgf.net)

● — PROVTAGNINGSPUNKT

● — SONDERINGSPUNKT

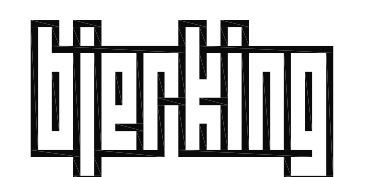
— 10 — LERDJUPSKURVA (m)

RITNINGEN AVSER ENDAST  
GEOTEKNISK INFORMATION

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
-----	-----	-----------------	-------	------

PROJEKTERINGSUNDERLAG

FYRISLUND 6:6 MFL  
UPPSALA KOMMUN



BJERKING AB  
Box 1351  
751 43 Uppsala  
Telefon: 010-211 80 00  
Telefax: 010-211 80 01  
www.bjerring.se

UPPDRAG NR 21U0557	RITADIKONSTR AV AVN	HANDLÄGGARE AVN
DATUM 2021-06-15	ANSVARIG HENRIK HÅKANSSON	

GEOTEKNISK UNDERSÖKNING  
LERDJUPSKURVOR  
PLAN

SKALA A1 1:2000 A3	NUMMER G-10.1-02	BET
--------------------------	---------------------	-----





FÖRKLARINGAR

KARTA — DIGITAL GRUNDKARTA

KOORDINAT-SYSTEM — SWEREF99 1800

HÖJDSYSTEM — FIX NR 9126, +8,037  
RH2000

BETECKNINGAR

ALLM — ENLIGT SGF/BGS BETECKNINGSSYSTEM  
VERSION 2012 (www.sgf.net)

PROVTA GNINGS PUNKT

SONDERINGS PUNKT

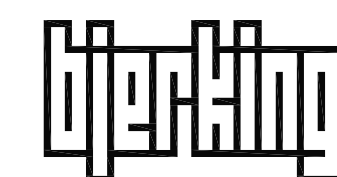
10 — BERGDJUPSKURVA (m)

RITNINGEN AVSER ENDAST  
GEOTEKNISK INFORMATION

BET ANT ÄNDRINGEN AVSER DATUM SIGN

PROJEKTERINGSUNDERLAG

FYRISLUND 6:6 MFL  
UPPSALA KOMMUN



BJERKING AB  
Box 1351  
751 43 Uppsala  
Telefon: 010-211 80 00  
Telefax: 010-211 80 01  
www.bjerkning.se

UPPDRAG NR 21U0557 RITADIKONSTR AV AVN HANDLÄGGARE AVN

DATUM 2021-06-15 ANSVARIG HENRIK HÅKANSSON

GEOTEKNISK UNDERSÖKNING  
BERGDJUPSKURVOR  
PLAN

SKALA A1 1:2000 NUMMER G-10.1-03 BET