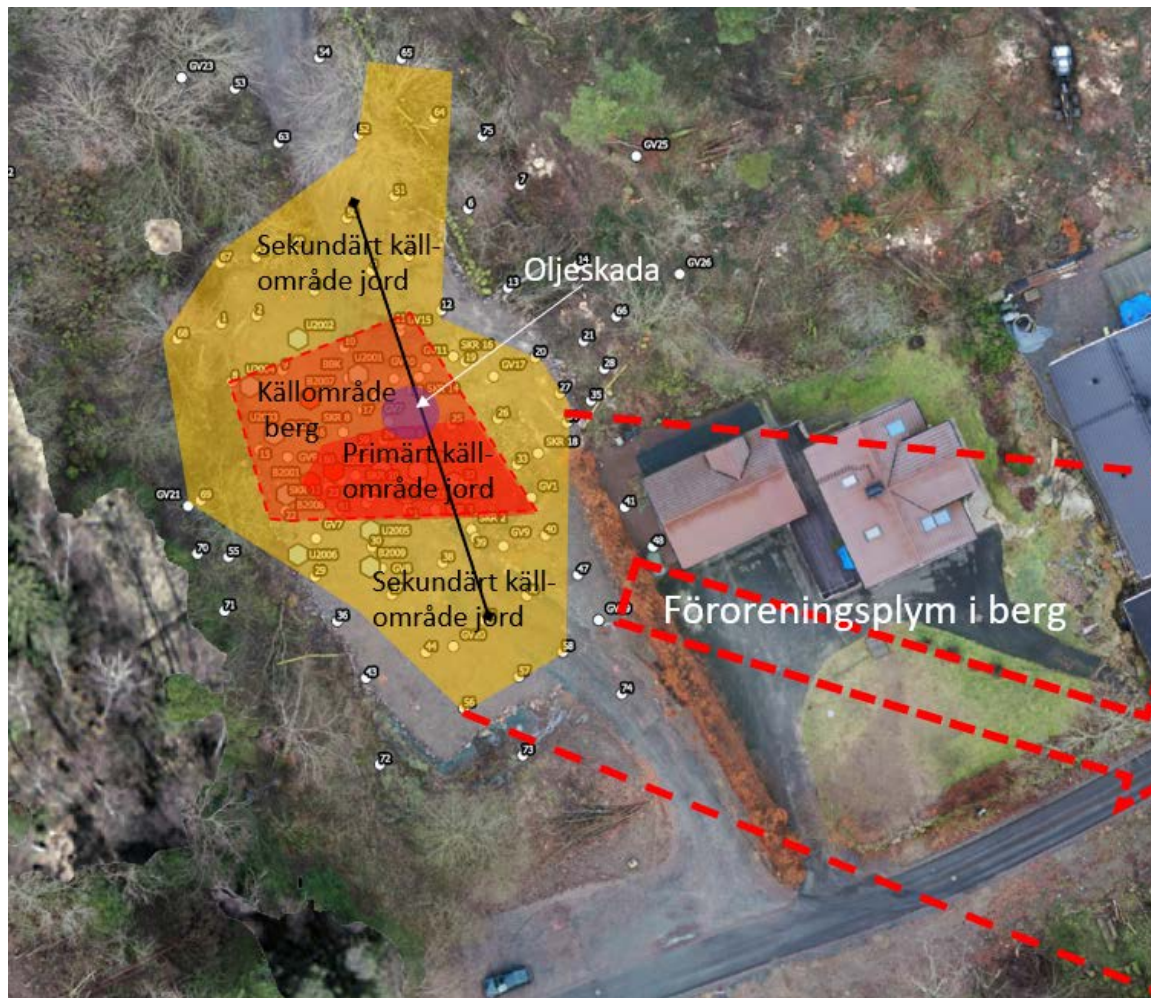


RAPPORT

Sanering av f d kemptvätt i Skäggered, Mölndals stad

Åtgärdsförberedelser

Etapp 1



För

Mölndals stad
Sofia Söderlund

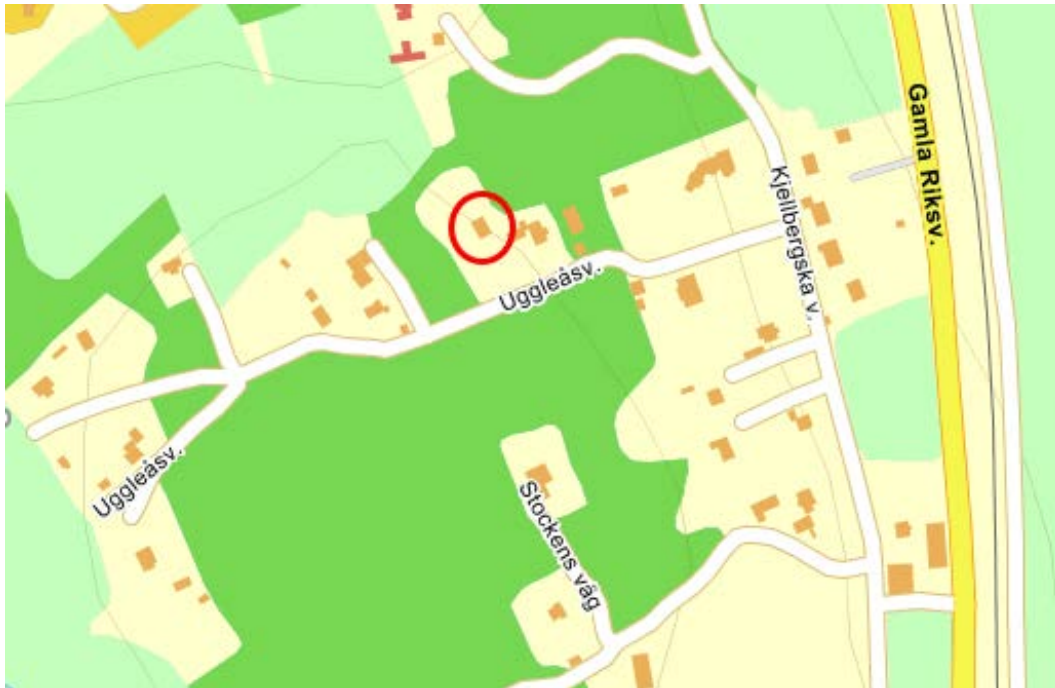
Datum: 2020-09-16
Uppdrag: 1519-170

Innehållsförteckning

1	BAKGRUND OCH SYFTE	3
2	KUNSKAPSLUCKOR INFÖR FÖRBEREDELSEFASEN	3
3	SAMMANFATTNING OCH TOLKNING AV KOMPLETTERANDE MILJÖTEKNISKA UNDERSÖKNINGAR	4
3.1	ALLMÄNT	4
3.2	PROVTAGNING AV OMGIVANDE BRUNNAR I BERG OCH JORD	4
3.3	AVGRÄNSNING AV KÄLLOMRÅDE I JORD	5
3.4	JORDGRUNDVATTEN	8
3.5	KÄLLOMRÅDE I BERG.....	8
3.6	FÖRORENINGSPLYM I BERG.....	9
4	SAMMANFATTNING OCH TOLKNING AV HYDROGEOLOGISKA UNDERSÖKNINGAR	10
5	REVIDERAD KONCEPTUELL MODELL	11
6	ÖVERGRIPANDE ÅTGÄRDSMÅL	13
7	FÖRSLAG TILL MÄTBARA ÅTGÄRDSMÅL	13
8	ÖVERVÄGDA ÅTGÄRDSMETODER	14
9	FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER	15
9.1	ÅTGÄRDSOMRÅDE	15
9.2	ÅTERSTÄLLNING, UPPFÖLJNING OCH EV. KOMPLETTERANDE ÅTGÄRDER.....	15
9.3	KOSTNADER	16
9.4	STRATEGI FÖR UPPHANDLINGAR OCH MILJÖKONTROLL.....	18
9.5	TILLSTÅND OCH ANMÄLNINGAR.....	18
10	SLUTSATSER	18

1 Bakgrund och syfte

Mölnads stad har erhållit statliga bidrag för att genomföra åtgärdsförberedande undersökningar inom och kring fastigheten Skäggered 3:38 (ca 5 700 m²) på landsbygden strax söder om Lindome i södra delen av Mölnads kommun. På fastigheten har det tidigare funnits en kemtvätt och marken och grundvatten är allvarligt förorenade av klorerade lösningsmedel. Inom och kring objektet genomfördes en huvudstudie 2017 - 2018. Mölnads stad sökte och erhöll därpå bidrag för förberedelser för sanering. Installation av permanent kommunalt VA till hela området har utförts under år 2019. Fastighetens läge visas i *figur 1*.



Figur 1 Lokalisering av fastigheten Skäggered 3:38.

Relement Miljö Väst AB har anlåtats av Mölnads stad för att utföra åtgärdsförberedande undersökningar samt tolka och dra slutsatser av undersökningsresultaten och med underlag av detta föreslå hur objektet skall åtgärdas.

I en första etapp av förberedelsefasen har omfattande kompletterande miljötekniska undersökningar och utredningar utförts under hösten 2019 och våren 2020 inför beslut om vad som ska åtgärdas och med vilka metoder det ska ske. Med underlag av detta ska en ny bidragsansökan lämnas in och när bidrag för åtgärder erhålls kan etapp 2 av förberedelserna med upphandling och detaljprojektering starta.

För att läsaren skall tillgodogöra sig innehållet i denna rapport förutsätts att man har tillgodogjort sig innehållet i huvudstudien och att man har grundläggande kunskap om sanering av förorenad mark och om klorerade lösningsmedel i synnerhet.

2 Kunskapsluckor inför förberedelsefasen

De kunskapsluckor som kvarstod efter att huvudstudien genomförts var framförallt:

1. Utbredningen av klorerade lösningsmedel i plan och profil i jord för avgränsning av källområde¹ som ska åtgärdas?
2. Finns det ett källområde i berg och hur stort är det?
3. Utbredningen av föroreningsplymen² i berggrundvatten? Har inkopplingen av kommunalt vatten och genomförda bergborrningar påverkat?
4. Hur sprids föroreningar med grundvatten från objektet och utgör de hydrologiska förhållandena något hinder för en termisk in-situ sanering?
5. Hur snabbt förväntas berggrundvattnet självrenas om källområdet saneras?

För att få underlag till att besvara kunskapsluckorna har Relement Miljö Väst AB genomfört kompletterande miljötekniska undersökningar medan Hydrosense AB som underkonsult har utfört hydrogeologiska undersökningar. Resultaten sammanfattas i nästkommande avsnitt.

3 Sammanfattning och tolkning av kompletterande miljötekniska undersökningar

3.1 Allmänt

Följande kompletterande miljötekniska undersökningar har utförts inom ramen för förberedelsefasen:

1. **Provtagning av dricksvatten och grundvatten inför åtgärdsförberedande undersökningar vid f.d. kemtvätten i Skäggered. Relement Miljö Väst AB. 2020-07-08.**
2. **Provtagning av omgivande brunnar efter åtgärdsförberedande undersökningar vid f.d. kemtvätten i Skäggered. Relement Miljö Väst AB. 2020-08-27.**
3. **Åtgärdsförberedande undersökning av jord och jordgrundvatten inom den f.d. kemtvättstomten Skäggered 3:38. Relement Miljö Väst AB. 2020-07-08.**
4. **Åtgärdsförberedande undersökningar i berg, f.d. Kemtvätten, Skäggered. Resultatrapport avseende bergborrningar, Flute-liner samt grundvattenprovtagningar. Relement Miljö Väst AB. 2020-07-08.**
5. **Hydrogeologisk undersökning Skäggered. Hydrosense 2020-06-30.**

Rapporterna kan rekvireras från Mölnads stad.

3.2 Provtagning av omgivande brunnar i berg och jord

Området hade fram till 2017 inte kommunalt vatten utan varje fastighet hade egen vattenförsörjning, främst av berggrundvatten. Tidigare provtagningar under 2016-2017 visade att klorerade lösningsmedel fanns i berggrundvatten vid 8 fastigheter öst-sydöst om den f d kemtvätten. I fastigheterna närmast den f d kemtvätten vara halterna mycket höga och översteg 1 000 µg/l. Längre nedströms var halterna en tiopotens lägre men ändå klart över gällande gränsvärden för dricksvatten. I övriga fastigheter påvisades inga klorerade lösningsmedel.

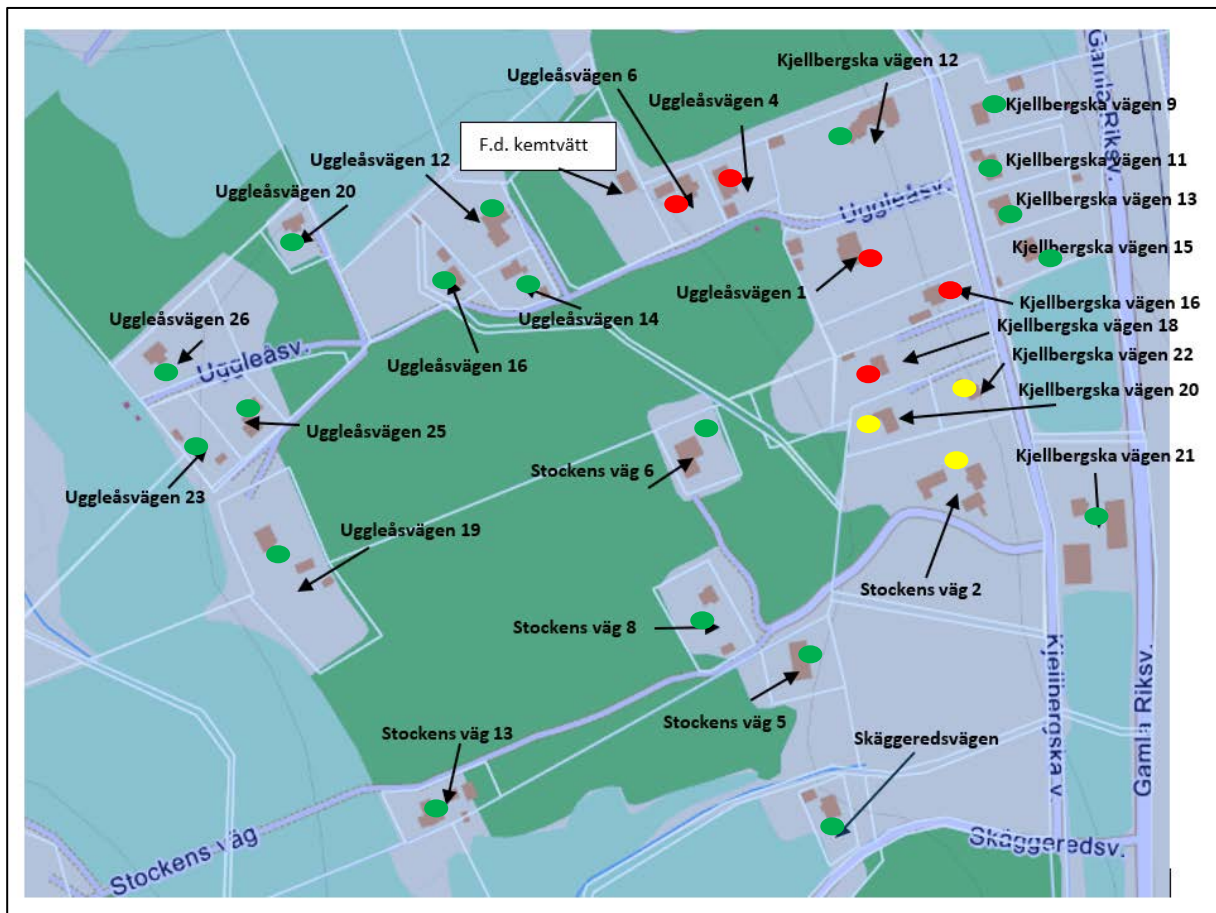
¹ Källområde definieras som jord, berg och grundvatten där halterna av klorerade lösningsmedel är så höga att de kan föda en föroreningsplym under oöverskådlig tid. Normalt finns fri fas lösningsmedel i residualform i jorden och berg i ett källområde.

² Föroreningsplym definieras som ett område där fri fas lösningsmedel saknas och föroreningen har transporterats dit löst i grundvatten. I en plym kan dock betydande mängder föroreningar ha ackumulerats i täta jordskikt.

Upprepade provtagningar under 2019 och 2020 efter att fastigheterna fått kommunalt vatten visar att halterna i befintliga bergbrunnar som inte längre används sjunkit väsentligt, främst närmast den f d kemtvätten. I brunnar som fortfarande används en del för bevattning har halterna inte sjunkit lika mycket. På längre avstånd har halterna också sjunkit men inte lika mycket och i de brunnar där det tidigare funnits spår påvisas fortfarande spår av klorerade lösningsmedel.

I de fastigheter där man innan den kommunala vattenanslutningen inte påvisade klorerade lösningsmedel har man inte heller senare påvisat ämnena.

I **figur 2** illustreras föroreningsituationen i befintliga bergbrunnar.



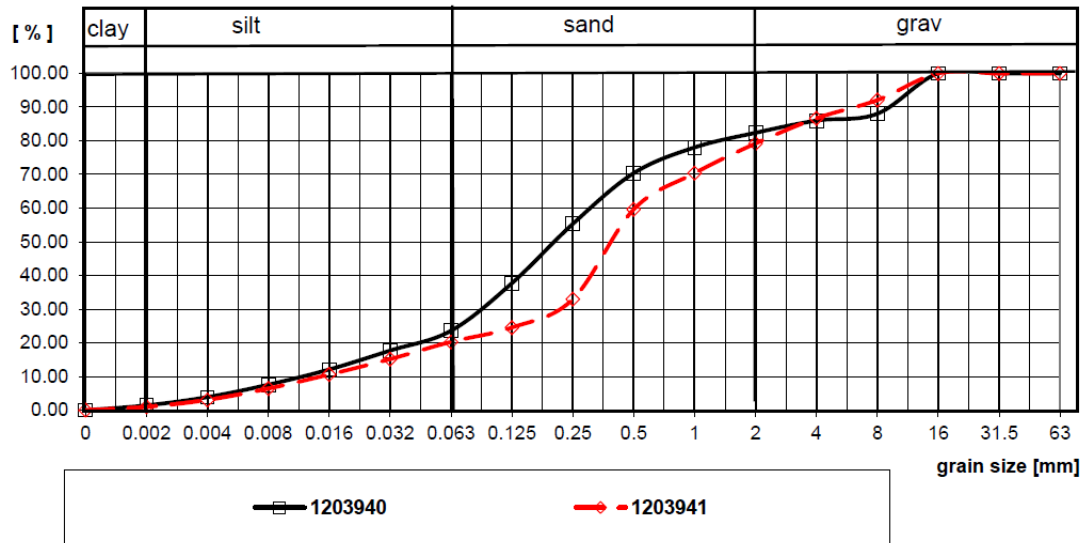
Figur 2 Illustration av uppmätta halter av klorerade lösningsmedel i befintliga bergbrunnar. Rött betyder över gränsvärde för dricksvatten medan gult betyder spårhalter.

3.3 Avgränsning av källområde i jord

För att avgränsa källområdets utbredning i plan och profil har i förberedelseskedet prover på jord tagits i sammanlagt 75 punkter från markytan ned till berg eller block 3 – 4 m under markytan, lokalt djupare. Ca 150 jordprover har analyserats m a p klorerade lösningsmedel och ett 10-tal m a p tungmetaller m m. Av undersökningarna framgår sammanfattningsvis följande:

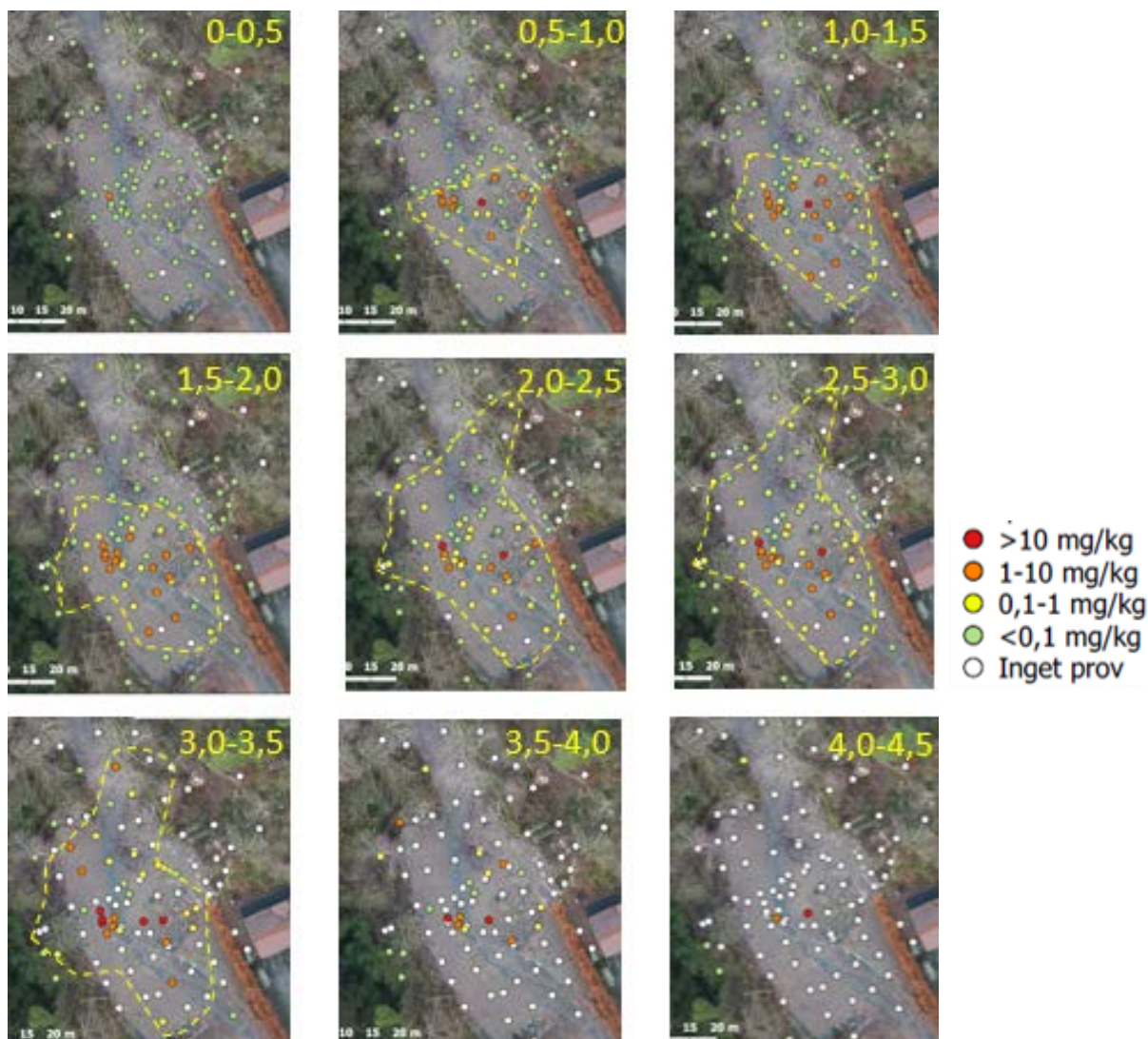
- Centralt i området kring den nu rivna f d kemtvätten finns ett nyligen påfört ca 0,5 m lager med 0-500 mm bergkross. Därunder 0,2 – 0,5 m en mullhaltig fyllning på någon meter torr siltig lera på en sandig morän som tenderar att bli grusigare mot bergets överyta. Grundvattenytan i jord varierar kraftigt över året från 0,5 till 2 m under nuvarande markyta.

- Morånen kan utifrån kornstorleksfördelning på två samlingsprover klassas som en sandig morån, se *figur 3*.

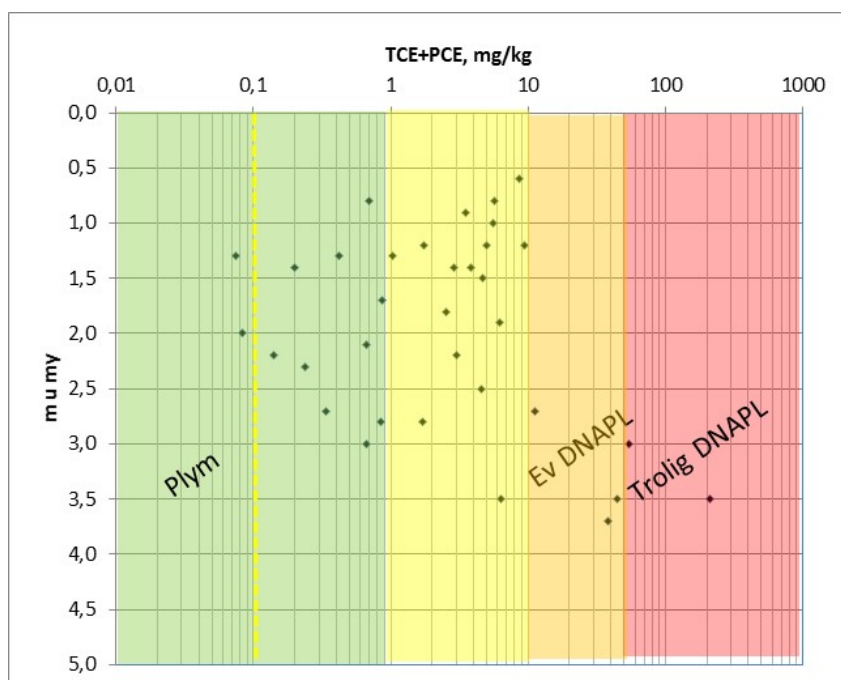


Figur 3 Resultat av siktanalyser på två samlingsprover av morån.

- Det verkar finnas ett eller möjligen två näraliggande källområden i jord som har sina ursprung vid en avloppsbrunn strax väster om den f d kemtvåten och kemtvättmaskinen som stod i västra delen av den nu rivna byggnaden. I enstaka prover centralt i källområdena är halterna av ursprunglig kemtvättvätska (PCE och TCE) så höga att jorden torde ha förorenats av fri fas (DNAPL). Här finns också höga halter av klorerade lösningsmedel i ytlig jord (0,5-1 m under markytan). Betydande halter av klorerade lösningsmedel påvisas också i morånen 2 – 4 m under markytan på större avstånd. Denna spridning bedöms ha skett genom att jordgrundvattnet spridit föroreningen i olika riktningar. De klorerade lösningsmedlen har successivt ackumulerats i finkorniga skikt. I *figur 4* illustreras föroreningssituationen i jord.
- Volymen jord som är mer eller mindre kontaminerad av klorerade lösningsmedel uppskattas till ca 3 000 m³ (1 050 m²*3 m). Eftersom även underliggande berg är kraftigt förorenat är volymen osäker. I *figur 5* redovisas uppmätta halter av summa PCE&TCE i jord inom det mest förorenade området. Föroreningsmängden är svår att uppskatta men grovt kan det handla om i storleksordningen hundra kilo. Störst mängder och högst halter verkar finnas närmast berget.
- TOC i morånen är normalt under 0,2 %, ofta <0,1 % vilket tyder på en begränsad förmåga att binda klorerade lösningsmedel.
- Den mullhaltiga fyllningen är lätt kontaminerad av tungmetaller och PAH16. Halterna ligger i regel mellan KM och MKM.
- Lokalt väster om och möjligen under den nu rivna kemtvåten finns en oljeskada i jord.



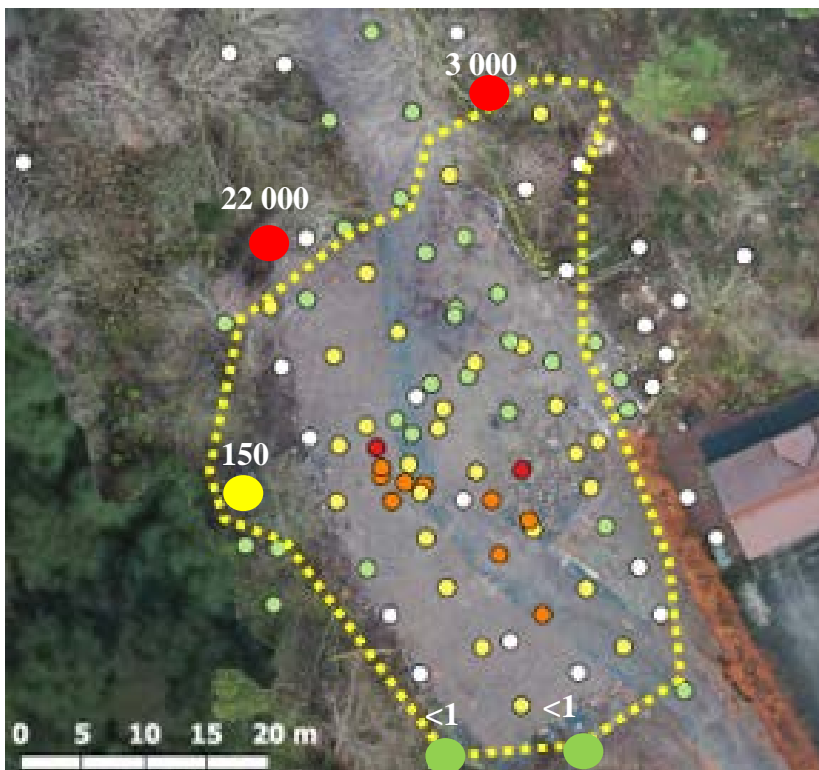
Figur 4 Uppmätta halter av summa klorerade lösningsmedel vid olika djup under markytan.



Figur 5 Uppmätta halter av summa TCE&PCE i jordprover i det centrala primära källområdet. I figuren finns det preliminära mätbara åtgärdsålet 0,1 mg/kg inlagt.

3.4 Jordgrundvatten

Inom ramen för de åtgärdsförberedande undersökningarna har det installerats fem grundvattenrör i syfte att verifiera avgränsningen av källområdet i jord. Grundvattenrören installerades i ytterkanterna väster, söder och norr om det förmodade källområdet med filter närmast bergets överyta. Inom källområdet har det tidigare installerats flera grundvattenrör som visat att halterna av klorerade lösningsmedel är mycket höga (10 000 – 100 000 µg/l). I utanför källområdets ytterkanter i söder och väster påvisades inga eller låga halter av klorerade lösningsmedel i jordgrundvattnet (<100 µg/l) medan förhållandevis höga halter påvisades i norr (2 000 – 20 000 µg/l). Lokaliseringen av punkterna och uppmätta halter av summa klorerade lösningsmedel framgår av **figur 6** på en ritning där en grov preliminär avgränsning av källområdet i jord enbart baserad på uppmätta halter i jord närmast berget framgår.



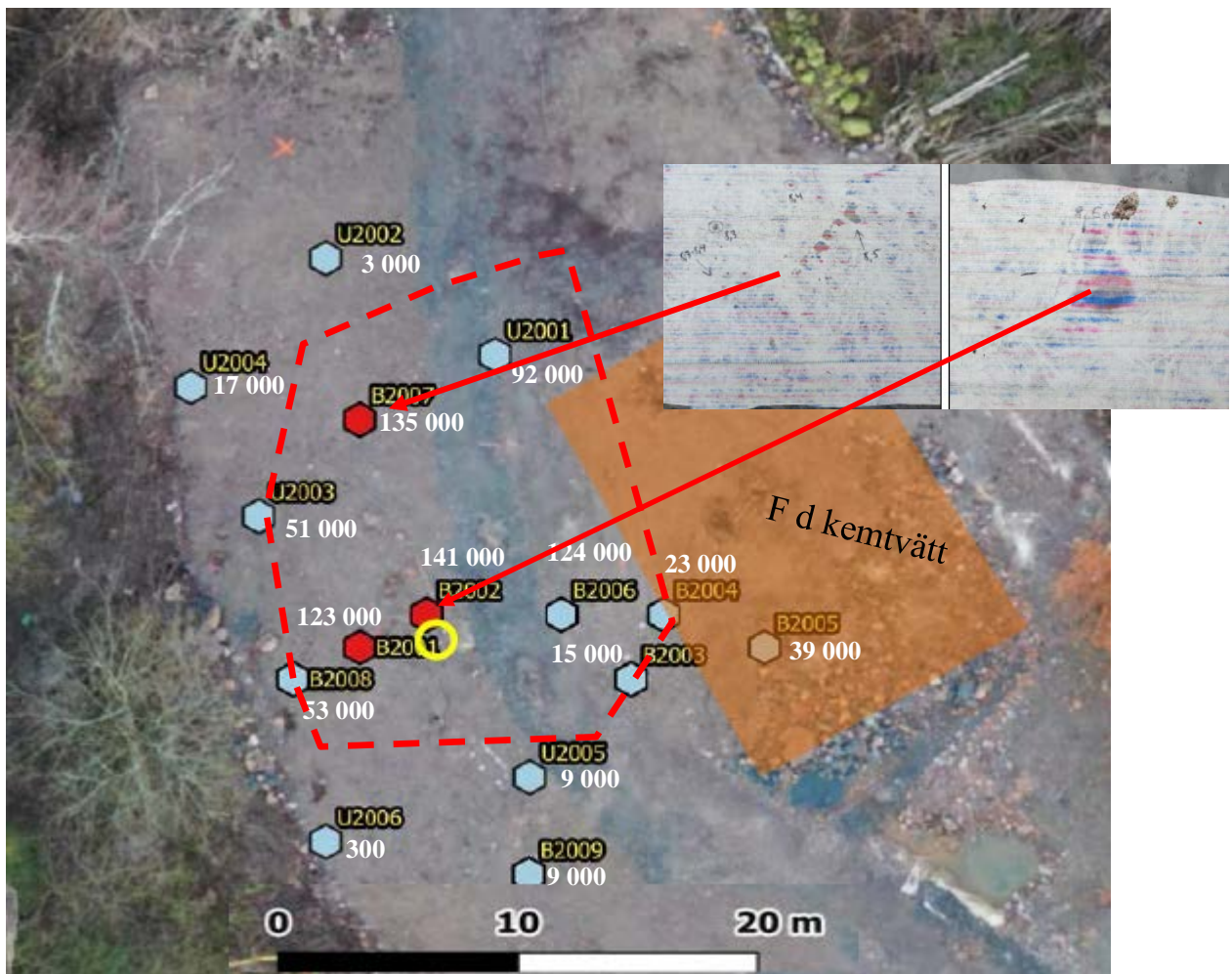
Figur 6 Uppmätta halter i jordgrundvatten närmast berget i källområdets ytterkant.

3.5 Källområde i berg

Inom ramen för de åtgärdsförberedande undersökningarna har det borrats sammanlagt 15 bergbrunnar ned till 15 – 40 m djup för att dels klargöra om det finns fri fas lösningsmedel (DNAPL) i berget, dels avgränsa källområdet. De inledande undersökningarna omfattade installation av sk NAPL Fluteliners för att få säkra bevis för förekomst av DNAPL i berggrunden och på vilket djup det förekommer. Liners installerades således i de borrhål där borrhålmätningar indikerade sådan förekomst via extremt höga halter av flyktiga kolväten vid borring i berg, lukt samt mycket höga halter av klorerade lösningsmedel i berggrundvattnet (>100 000 µg/l). I övriga borrhål skedde borrhålmätningar under borring samt flera provtagningar och analyser av berggrundvatten i helhål. Resultaten visade sammanfattningsvis följande:

- Fluteliner indikerade förekomst av DNAPL i tre borrhål (B2001, B2002 samt B2007) med tämligen små fläckar vid 8 – 12 m djup, se **figur 7**.
- Mycket höga halter av flyktiga kolväten samt lukt av klorerade lösningsmedel noterades vid borring av ovanstående brunnar.

- Extremt höga halter av klorerade lösningsmedel (>100 000 µg/l) påvisades i B2001, B2002, B2006, B2007 och U2001.
- Stigande eller konstant höga halter av klorerade lösningsmedel vid upprepade provtagningar påvisades i samma brunnar som ovan. Detta är ytterligare en indikation på att det förekommer DNAPL.
- I omgivande brunnar påvisades höga halter av klorerade lösningsmedel men inte så höga att det sannolikt förekommer DNAPL i närheten.
- Betydande vattenförande sprickor noterades vid borrning av flera brunnar (B2001, B2002, B2003, B2008, U2003 och U2004) 6 – 10 m under markytan.
- En grov avgränsning av källområdet i berg är markerat i **figur 7**. Arealen är ca 300 m² och djupet 15 m. Föroreningsmängden uppskattas till i storleksordningen 50 kg men osäkerheten är stor.

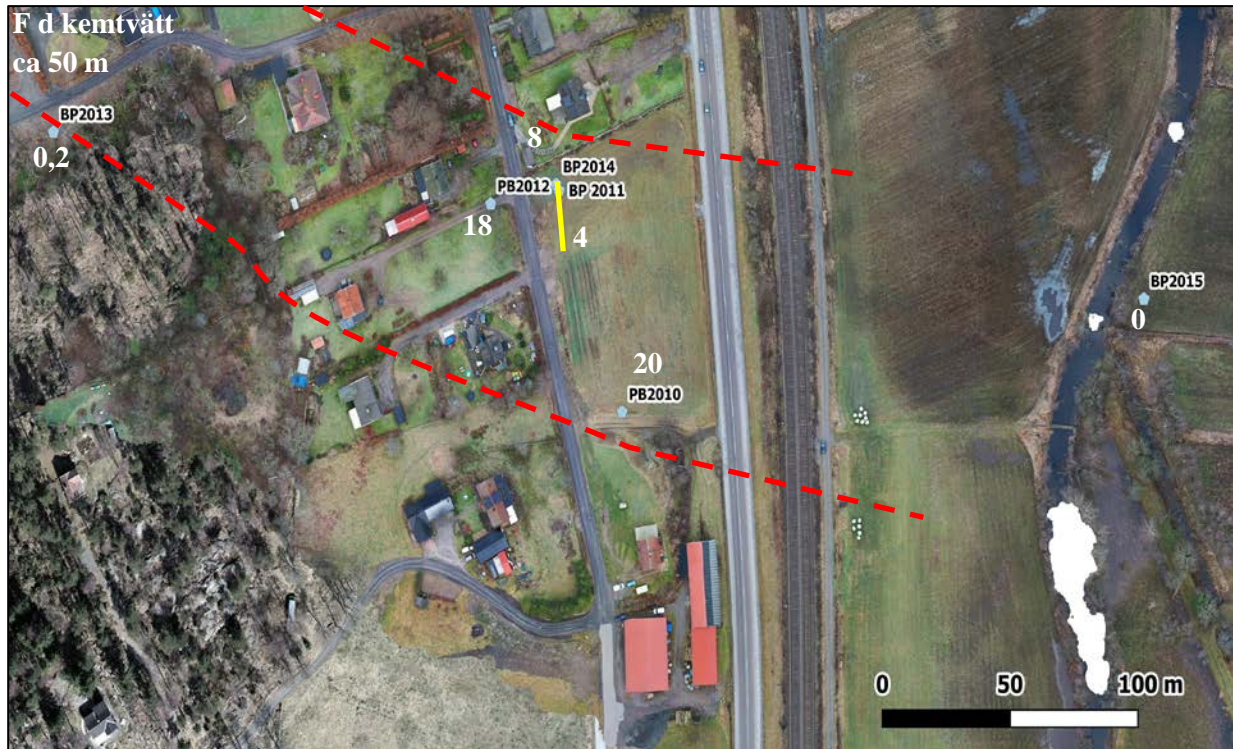


Figur 7 Maximalt uppmätta halter av summa klorerade lösningsmedel i berggrundvatten (µg/l). Gul ring är f d avloppsbrunn. Foton från NAPL Flutelinier som visar fläckar av DNAPL.

3.6 Föroreningsplym i berg

Även om provtagningar av befintliga bergbrunnar tämligen väl visar avgränsningen av föroreningsplymen i berg har det installerats ytterligare sex brunnar ned till 15-40 m varav en vinklades 20 grader. På

östra sidan Lindomeån borrades 30 m utan att berget nåddes. Ett grundvattenprov lyckades dock erhållas. Lokalisering av brunnarna med tillhörande analysresultat visas i *figur 8*. Av figuren framgår att halterna på >200 m avstånd är väsentligt lägre p g a en mycket stor utspädning. Den naturliga nedbrytningen av PCE och TCE är begränsad i bergplymen.



Figur 8 Uppmätta halter i föroreningsplymens ytterområde (µg/l). Plymens ungefärliga utbredning är rödsträckad. Den f d kemptvätten ligger ca 50 m åt nordväst.

4 Sammanfattning och tolkning av hydrogeologiska undersökningar

Hydrogeologiska undersökningar har utförts av både jordlagren och berggrunden. Resultaten visar sammanfattningsvis följande:

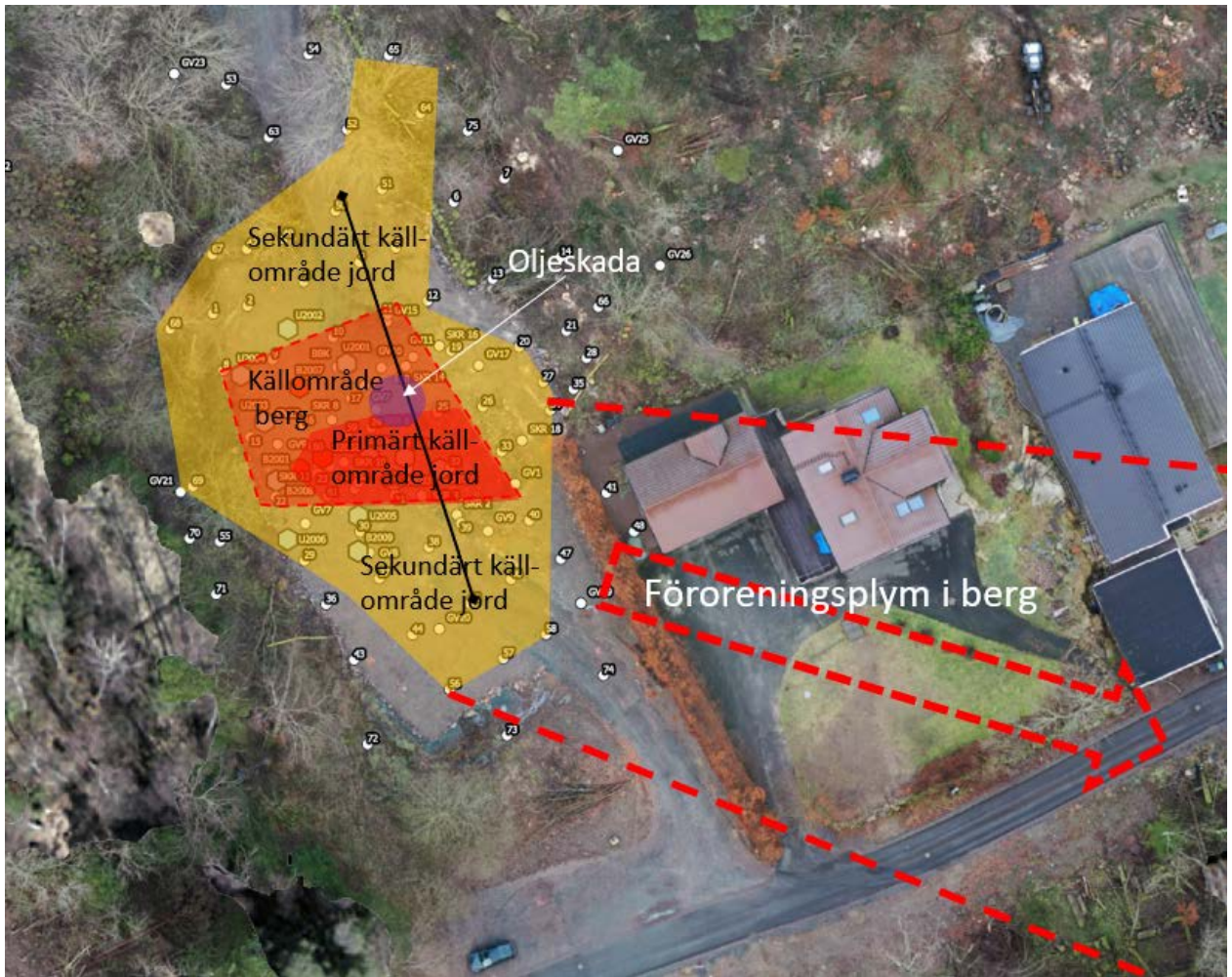
- Inom den aktuella fastigheten och i närområdet förekommer inga uttalade höjdskillnader och ytavrinningen styrs sannolikt av mindre lokala höjdvariationer i kombination med jordlagrens varierande genomsläpplighet. Lokalt är med andra ord de topografiskt styrda avrinningsförhållandena otydliga.
- Jordgrundvattnets ostörda grundvattennivåer indikerar att gradienterna är nära noll och att spridningshastigheten är mycket liten. Man kan möjligen urskilja en strömning mot väster och söder, men troligen kan grundvattnet i jord strömma åt alla håll utom åt öster där höga berglägen hindrar strömning.
- Genomförda tester visar att permeabiliteten i moränen i närområdet varierar i stort mellan $1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-5}$ m/s, vilket tyder på en sandig eller grusig morän.
- Berggrundvattnets ostörda nivåer indikerar att berggrundvattnet strömmar i östlig eller sydöstlig riktning, d v s inte i samma riktning som jordgrundvattnet. Eftersom man inte tar ut lika mycket berggrundvatten i området kan den östliga gradienten ha minskat de senare åren.

- Genomförda tester visar att berget till stora delar inom den f d kemtvåtfastigheten är helt tät. Vissa delar av berget är dock uppsprucket och där har provpumpningar genomförts som visar att det ytliga berget är genomsläppligt med transmissivitet kring $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$. Det är god kontakt mellan jord och berg och jordgrundvatten strömmar ned i sprickor till berggrunden vid avsänkning. Det finns en sprickzon i västra delen av fastigheten.
- Utifrån genomförda undersökningar har strömningshastigheten för grundvatten i berggrunden österut ned mot Lindomeån skattats till 15-150 m/år. Det innebär att resultaten av en sanering inom den f d kemtvåtfastigheten sannolikt märks relativt snabbt i närområdet (<50 m) men det kan ta 10-20 år innan saneringsresultatet märks i berggrundvattnet i nedre delen av plymen.

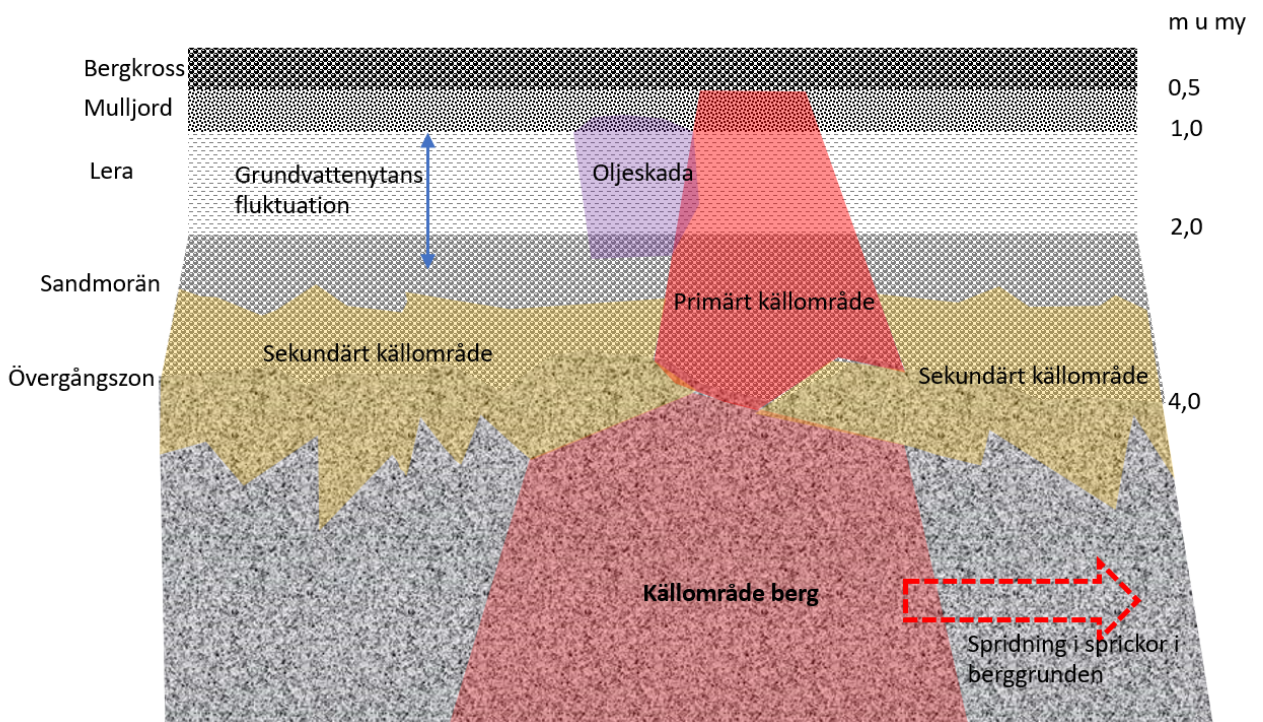
5 Reviderad konceptuell modell

Utifrån tidigare och nu genomförda miljötekniska undersökningar kan föroreningsituationen inom beskrivas enligt nedan:

- Det finns ett tämligen litet primärt källområde (inträngningsområde) i jord vid den tidigare avloppsbrunnen med tillhörande ledningar där det lokalt kan finnas DNAPL (>10 mg/kg) närmast berget överyta. Kring det primära källområdet har ett sekundärt källområde bildats på grund av 50 års långsam diffus spridning med grundvatten i övergångszonen mellan jord och berg främst >3 m under markytan. Här är halterna av klorerade lösningsmedel betydligt lägre (<10 mg/kg) men trots detta så höga att de bedöms kunna föda en plym i berget under mycket lång tid. Arean av det primära källområdet är ca 150 m^2 med mäktigheten 2 - 4 m. Det sekundära källområdets area i jord är ca 900 m^2 medan mäktigheten av övergångszonen mellan jord och berg varierar och är osäker. För att inte riskera underskatta bör man räkna med ett mäktighet kan vara upp till 6 m (dvs 2 - 8 m under markytan) och delvis beröra berg. I verkligheten är sannolikt mäktigheten av förorenad jord eller berg betydligt mindre på flera ställen men det bedöms inte vara möjligt att fastställa mäktigheten mer detaljerat. Mängden klorerade lösningsmedel inom det primära och sekundära källområdet uppskattas till i storleksordningen 100 kg. I **figur 9** och **figur 10** illustreras föroreningsituationen i plan och profil.
- Klorerade lösningsmedel i fri fas har dessutom trängt ned i berget vid avloppsbrunnen och spridits som egen fas främst norrut. Det är mycket svårt om ens möjligt att exakt avgränsa källområdet med DNAPL men arean där sannolikheten att påträffa DNAPL bedöms vara hög uppskattas till 300 m^2 och djupet 15 m inklusive ovanliggande jord. Mängden klorerade lösningsmedel i berget är mycket osäker men bedöms uppgå till i storleksordningen 50 kg.
- De klorerade lösningsmedlen sprids både i jord och i berg. Spridningen i jord sker långsamt eftersom gradienten är obetydlig. Grundvatten strömmar långsamt åt alla håll utom österut vilket innebär att det sekundära källområdet växer långsamt utåt successivt samtidigt som det primära källområdet i jord och källområdet i berg utarmas. Spridningen i berg är förhållandevis snabb och sker i en tämligen smal plym i öst-sydöstlig riktning ned mot Lindomeåns dalgång. Klorerade lösningsmedel kan påvisas i halter kring gränsvärdet för dricksvatten 300 m från den f d kemtvätten. Mängden klorerade lösningsmedel som sprids kan utifrån en enkel vattenbalans och uppmätta halter av klorerade lösningsmedel i grundvatten uppskattas till något eller några enstaka kilo per år. Om ingen sanering sker kommer spridningen avta långsamt och en betydande påverkan i området kommer sannolikt kunna observeras i hundratals år.



Figur 9 Illustration i plan av källområdena med spridningsriktningar.



Figur 10 Illustration av källområdena i profil (söder är till höger).

6 Övergripande åtgärds mål

Förslag till övergripande åtgärds mål för saneringen av objektet togs fram i bidragsansökan:

- 1) **Spridningen av föroreningar från den f d kemptvätten i Skäggered ska minska så att grundvattnet i omgivningen på sikt kan användas fritt.**
- 2) **Fastigheten Skäggered 3:38 och dess närområde ska på sikt kunna användas enligt plan utan restriktioner p g a markföroreningar.**

Utifrån resultaten av de åtgärdsförberedande undersökningarna bedöms vissa justeringar av de övergripande åtgärds målen behöva göras eftersom berggrunden inom fastigheten är så förorenad att grundvattnet lokalt knappast kommer kunna användas fritt inom överskådlig tid. Vidare har de hydrogeologiska undersökningarna visat att det kan ta 10 – 20 år innan berggrundvattnets föroreningsinnehåll försvinner efter en sanering. Dessa justeringar är införda och understruken ovan.

7 Förslag till mätbara åtgärds mål

För att nå de övergripande målen enligt ovan inom rimlig tid måste mängden klorerade lösningsmedel inom den f d kemptvättfastigheten reduceras i mycket stor omfattning. Mängderna bedöms behöva reduceras minst två tiopotenser så att det finns maximalt något enstaka kilo klorerade lösningsmedel kvar. Det preliminära åtgärds målet från bidragsansökan 2018 med att nå 0,1 mg/kg för summa klorerade lösningsmedel i den jord som behandlas bör således kvarstå. När det gäller resthalter i berget som behandlas bör summa PCE & TCE efter behandling inte överstiga 1 000 µg/l i berggrundvattnet. Om dessa resthalter nås kommer mängden klorerade lösningsmedel understiga 1 kg inom det område som behandlas. De mätbara målen ska ses som medelvärden som ska innehållas med god säkerhet, lämpligen med 95 % sannolikhet (UCLM_{95%}). Medelvärdet av halten klorerade lösningsmedel i källområdet i berg är ca 80 000 µg/l så en haltreduktion på uppemot 99 % krävs.

Det kommer dock finnas relativt höga halter i grundvatten i både jord och i berg utanför källområdena i jord och främst i berg även efter behandling. Mängderna är dock begränsade och halterna bedöms avklinga naturligt, främst via utspädning över tid.

I det fall behandlingen inte når stipulerade resthalter kan man injektera aktivt kol i övergången mellan jord och berg för att adsorbera kvarvarande klorerade lösningsmedel, förbättra förutsättningarna för naturlig biologisk nedbrytning och minska spridningen med grundvatten i berg.

Kompletterande undersökningar har visat att mullhaltiga fyllnadsmassor i den f d kemptvattsbyggnadens närområde är lätt kontaminerade av tungmetaller och PAH16. Naturvårdsverkets generella riktvärden vid mindre känslig markanvändning (MKM) bedöms vara ett rimligt mål för övriga ämnen som ju inte sprids med grundvatten.

I *tabell 1* sammanfattas de mätbara målen i källområdena i jord och berg som behandlas.

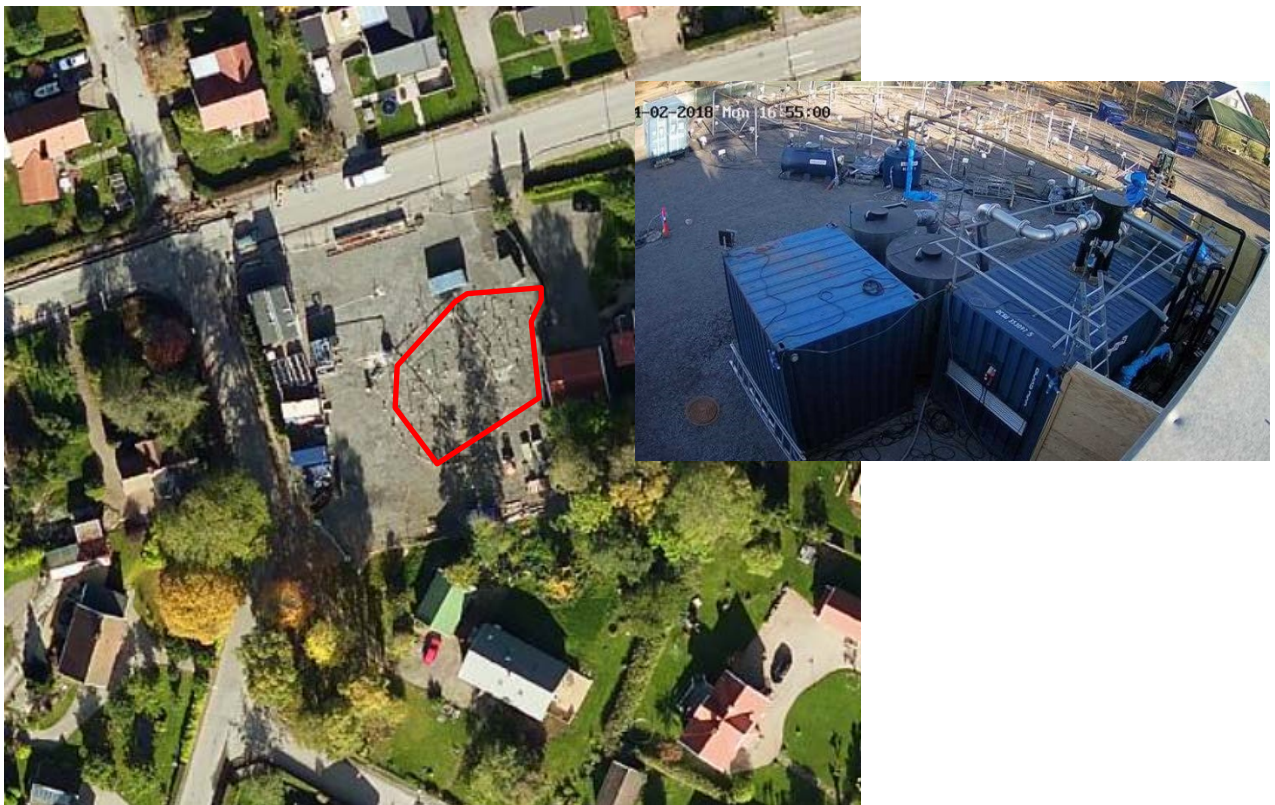
Tabell 1 Förslag till mätbara åtgärds mål.

Medium	PCE+TCE	PCE+TCE+DCE+VC	Övriga ämnen
Jord	-	0,1 mg/kg	MKM
Jordgrundvatten	1 000 µg/l	-	-
Berggrundvatten	1 000 µg/l	-	-

8 Övervägda åtgärdsmetoder

När det gäller sanering av höga halter av klorerade lösningsmedel i jord och berg så är termisk in-situ sanering med konduktiv eller induktiv uppvärmning de enda metoder som kan behandla båda medierna samtidigt till låga resthalter. Vid behandlingen hettas jord och berg upp till ca 100 grader celcius varvid de klorerade lösningsmedlen förångas och tas omhand ovan markytan. Tidigare genomförda projekt i Sverige (Kristianstad, Trollhättan och Varberg) och internationellt visar att man kan minska föroreningsmängderna och halterna med mer än 99 % både i jord och i berg. Mycket låga resthalter kan nås om behandlingsområdena avgränsas korrekt och anläggningarna drivs tillräckligt lång tid.

Vid installation av anläggningen finns möjligheter att genom mätningar och provtagningar i detalj avgränsa saneringsområdet horisontellt både i jord och berg medan djupet bör fastställas på förhand. Kostnaderna per ton behandlad jord/berg motsvarar ungefär konventionell schaktning (ca 2 000 kr/m³ för stora objekt). Energiåtgången är betydande men transportbehovet och användningen av fossila bränslen liksom klimatpåverkan kan hållas liten. Behandlingen går förhållandevis snabbt (0,5 år projektering & anläggande och 0,5 år för drift och avveckling) och den totala projekttiden kan därmed hållas på en rimlig nivå vilket är en viktig förutsättning för ett kommunalt projekt. I **figur 11** visas ett foto från en anläggning som drevs i ett villaområde i Trollhättan. Anläggningen motsvarar storleksmässigt vad som behövs i Skäggered.



Figur 11 Foton visande en anläggning för termisk in-situ sanering (500 m²*15 m).

Inför en termisk in-situ sanering bör ledningar och avloppsbrunnar tas bort. Även befintliga borrhål i jord och berg måste tätas. Den lokala oljeföroreningen bör också saneras innan eftersom den inte kan saneras fullständigt med termisk in-situ sanering.

I det fall den termiska saneringen inte når de mätbara åtgärdsmålen finns möjligheten att i efterhand komplettera med injektering av aktivt kol eller likvärdigt i övergången mellan jord och berg för att minska spridningen. Det aktiva kolet kommer binda de begränsade mängder klorerade lösningsmedel som skulle

kunna spridas i de permeabla lagren. Denna åtgärd kan även vid behov övervägas i övergångszonen mellan jord och berg strax utanför källområdet som saneras. Ytterligare information om injektering av aktivt kol kan hämtas från https://clu-in.org/techfocus/default.focus/sec/Activated_Carbon-Based_Technology_for_In_Situ_Remediation/cat/Guidance/.

Injektering av kolkälla/bakterier för att stimulera och snabba på naturlig nedbrytning har övervägts för det sekundära källområdet men förkastats på grund av riskerna för bildning av ännu giftigare biprodukter som vinylklorid. Kostnaderna för biologisk in-situ sanering har också visat sig vara i nivå med merkostnaderna för att istället utöka den termisk in-situ saneringen. En biologisk in-situ sanering har lång genomförandetid, kräver ofta flera injekteringsomgångar och förväntas inte behandla föroreningar i berg alls lika effektivt som en termisk sanering.

Under och efter den termiska saneringen kan man också överväga att förbättra avledningen av nederbörd från objektet för att därmed minska grundvattenbildningen.

9 Förslag till åtgärder

9.1 Åtgärdsområde

I *figur 12* visas vilket område som föreslås åtgärdas. Av figuren framgår att en yta om totalt 10 500 m² föreslås åtgärdas med termisk in-situ sanering och schaktsanering av mindre mängder oljeförorenad jord, befintliga ledningar och brunnar under mark. Centralt i området drivs saneringen av både jord och berg ned till sammanlagt 15 m djup. I ytterkanterna saneras de sekundära källområdena ned till 8 m djup, dvs jord och övergångszonen mellan jord och berg. Den exakta avgränsningen av åtgärdsområdet kan göras i samband med installation av anläggningen.

9.2 Återställning, uppföljning och ev. kompletterande åtgärder

Efter att saneringen slutförts föreslås att ytan förses med uppsamling och avledning av dagvatten västerut till befintligt dike så att infiltration av nederbörd minskar väsentligt.

För att säkerställa att de mätbara åtgärdsmålen avseende grundvattenkvalitet uppnås i saneringsområdet föreslås att koncentrationerna av klorerade lösningsmedel kontrolleras i grundvatten i jord och berg under två år. Dessa brunnar installeras i samband med att den termiska anläggningen byggs. I det fall målen nås kan projektet avslutas, i annat fall föreslås att man injekterar aktivt kol i de delar av saneringsområdet som inte når målen. Efter att det aktiva kolet injekteras behöver man följa upp resultaten under ytterligare 1 år.



Figur 12 Förslag till saneringsområde.

9.3 Kostnader

I **tabell 2** redovisas uppskattade kostnader för att genomföra föreslagna åtgärder vid den f d kemptvätten i Skäggered. I kalkylen antas att den efterföljande kompletterande injekteringen av aktivt kol behövs. I det fall den inte behövs minskar kostnaderna med 2,5 miljon kr.

Tabell 2 Beräknade kostnader för sanering av f d kemtvätt i Skäggered

Kostnadspost	Kostnad (Mkr)	Osäkerhet
Projektering & upphandling av schakt & termisk in-situ sanering	1	Liten
Schaktsanering olja, ledningar och avloppsbrunn inkl ledningsomläggning (500 m ³)	2	Liten
Förberedelser elanslutning	1	Måttlig
Termisk in-situ sanering av jord och berg (10 500 m ³) inkl återställning	26	Måttlig
Installation av dagvattensystem inkl nya ytskikt	1	Liten
Beställarens miljökontroll under saneringsfas	3	Liten
Beställarens projekt- och byggleddning under saneringsfas	3	Liten
Beställarens miljökontroll i uppföljningsskede 2 år	1	Liten
Beställarens projektledning under uppföljningsskede 2 år	0,5	Liten
Kompletterande injektering av aktivt kol inklusive upphandling	2	Stor (behov samt storlek?)
Kompletterande miljökontroll och projektledning 1 - 2 år	0,5	Stor (behov samt storlek)
Summa	41	

Den största posten är den termiska in-situ saneringen. Å-priser för termisk behandling i Sverige har de senaste åren varierat mellan 1 700 kr/m³ upp till drygt 4 500 kr/m³ där den lägsta omfattat en stor volym jord (15 000 m³) och den högsta en liten volym jord (3 000 m³) invid en byggnad. För ett något mindre objekt (7 500 m³) i enbart berg uppgick kostnaden till ca 2 500 kr/m³ men det var utan konkurrensutsättning. I betydligt större bergsaneringsprojekt ned till 50 m djup var kostnaden 1 800 kr/m³. I detta fall bedöms 2 500 kr/m³ vara rimligt eftersom volymen är måttlig, behandlingen ska drivas långt (minst 99 % massreduktion) men ingen eller begränsad hänsyn krävs för byggnader eller ledningar och det kommer sannolikt vara flera anbudsgivare.

Nedan anges en bedömd fördelning av kostnader över tid.

År 1	6 Mkr (projektering & upphandling, schaktsanering, elanslutning, miljökontroll och projektledning)
År 2	30 Mkr (termisk in-situ sanering, miljökontroll och projektledning)
År 3	1,5 Mkr (återställning med dagvattensystem, miljökontroll, projektledning och uppföljning)
År 4	1 Mkr (uppföljning)
År 5	2,0 Mkr (Komplettering med injektering av aktivt kol)
År 6	0,5 Mkr (Uppföljning)

9.4 Strategi för upphandlingar och miljökontroll

Åtgärderna delas förslagsvis upp i en entreprenad för ledningsomläggning (teleledning), förberedelser för elanslutning samt schaktsanering år 1. Denna utförs lämpligen som en utförandeentreprenad där saneringen styrs av beställarens miljökontrollant. Den termiska in-situ saneringen handlas lämpligen upp som en totalentreprenad med tydliga funktionskrav. Miljökontroll under saneringsfasen utförs både av entreprenören (anläggningskontroll och verifierande slutprovtagningar) och beställarens miljökontrollant (främst omgivningskontroll).

9.5 Tillstånd och anmälningar

Samtliga renodlade termiska in-situ saneringar av jord och berg har enbart anmälts som avhjälpandeåtgärder till kommunens miljöförvaltningar. Erfarenheter från termiska in-situ saneringar är också att den påverkar omgivande grundvattennivåer i mycket begränsad omfattning (< 1 m). Syftet är ju dessutom inte att avleda grundvatten utan att värma upp berg och jord även om en del grundvatten förångas. På den aktuella platsen bedöms dessutom omgivande byggnader i väster och öster vara grundlagda på eller mycket nära berg varför några skadliga sättningar inte bedöms uppstå. Grannfastigheten i öster har bergvärme men funktionen på den bör i vart fall inte försämrats, troligen kan en viss värmeökning förväntas.

Mot bakgrund av ovanstående bedöms att saneringen endast behöver anmälas till kommunens miljöförvaltning. Lämpligen lämnas en anmälan för schaktsanering och en för den termiska in-situ saneringen. Det är skyddsåtgärder och försiktighetsmått som prövas vid en frivillig statligt finansierad sanering.

För att genomföra åtgärderna på fastigheten torde det befintliga tillträdesavtalet med fastighetsägaren behöva förlängas något år eller två när beslut om bidrag fattats av Naturvårdsverket.

10 Slutsatser

Relement Miljö Väst AB har på uppdrag av Mölndals stad genomfört åtgärdsförberedande miljötekniska undersökningar inom och kring fastigheten Skäggered 3:38. På fastigheten har det tidigare bedrivits en kemtvätt som förorenat jord och berg främst med klorerade lösningsmedel. De klorerade lösningsmedlen har spridits långt med berggrundvatten och förstört dricksvatten för flera hushåll som nu fått kommunalt vatten. För att på sikt bli av med föroreningen i berggrundvattnet och även kunna använda den f d kemtvättfastigheten enligt plan måste föroreningsmängderna reduceras med minst 99 %. Olika åtgärdsalternativ har utretts och den sammantaget bästa metoden bedöms vara att såväl jord som berg behandlas termiskt in-situ med konduktiv eller induktiv uppvärmning. En lokal oljeskada schaktsaneras och befintliga ledningar och brunnar saneras innan den termiska in-situ saneringen. Kostnaderna för att genomföra och följa upp föreslagna åtgärder uppskattas till 41 miljoner kr uppdelat på 4-6 års projekttid. Närmast saneringsområdet kommer man snabbt se positiva effekter av en sanering medan det kan lång tid innan föroreningshalterna sjunker på större avstånd.

Relement Miljö Väst AB



Anders Bank

