

Uppdragsnummer: 6203-182
Antal sidor: 16
Antal bilagor: 6



Örnsro IP

Åtgärdsutredning avseende klorerade lösningsmedel och klorfenoler

ÖREBRO 2018-06-21
STRUCTOR MILJÖTEKNIK AB

Ulrika Martell, uppdragsledare

Granskad av Peter Larsson

STRUCTOR MILJÖTEKNIK AB | www.structor.se

ESKILSTUNA: Bruksgatan 8b, 632 20 Eskilstuna | Tel: 016-10 07 60

VÄSTERÅS: Norra källgatan 17, 722 11 Västerås | Tel: 021-81 45 40

ÖREBRO: Ribbingsgatan 11, 703 63 Örebro | Tel: 019-601 44 55

Säte i Eskilstuna | Org.nr: 556622-0736 | E-post: fornamn.efternamn@structor.se

Structor

Innehåll

1	Inledning	3
2	Uppdrag och syfte	3
2.1	Organisation	4
3	Objektbeskrivning	4
3.1	Problemsbeskrivning	4
3.2	Källföreningar	4
3.3	Förutsättningar för detaljplanen	6
4	Åtgärds mål	8
4.1	Övergripande åtgärds mål	8
4.2	Behov av riskreduktion för att uppnå åtgärds mål	8
5	Åtgärdstekniker	9
5.1	Allmänt	9
6	Åtgärdsalternativ	11
6.1	Åtgärd av föroreningskälla	11
6.2	Åtgärder för detaljplanen	12
6.3	Nollalternativ	12
6.4	Åtgärdsalternativ 1: Byggnadstekniska åtgärder – MIN alternativ	12
6.5	Åtgärdsalternativ 2: Inneslutning av garage	13
6.6	Åtgärdsalternativ 3: Barriär längs fastighetsgräns	17
6.7	Åtgärdsalternativ 4: Injektion av BOS100® - MAX alternativ	18
6.8	Åtgärdsalternativ 5: Planändring utan underjordiskt garage	18
7	Riskvärdering	19
7.1	Allmänt	19
7.2	Urvalskriterier	19
7.3	Utförande riskvärdering	20
7.4	Resultat riskvärdering	20
8	Slutsats och diskussion	22
9	Rekommenderat åtgärdsalternativ	23
10	Referenser	24

Bilagor

Bil 1	Örnsro IP - Riskbedömning avseende klorerade lösningsmedel och klorfenoler
Bil 2	Örnsro IP - Resultatrapport kompletterande miljöteknisk markundersökning
Bil 3	Spontplacering Åtgärdsförslag 3
Bil 4	Spontplacering Åtgärdsförslag 4
Bil 5	VAP, Örnsro IP Tätskärm
Bil 6	Riskvärdering

1 Inledning

Fastigheterna Nikolai 3:40 och 3:41, som tillsammans utgör Örsro IP, är föremål för en föreslagen planändring till bostäder. Aktuellt område är idag planlagt för idrottsändamål samt park och gata (Stadsplan: 1880K-A268).

Föroreningar har tidigare påträffats utanför detaljplaneområdet och i senare undersökningar har även föroreningar påträffats inom detaljplaneområdet. På detaljplaneområdet har klorerade lösningsmedel i form av trikloreten och cis-dikloreten detekterats i grundvattnet, men i låga halter, liksom klorfenoler och BTEX. Även kobolt, krom, nickel och zink förekom i halter över SGU:FS referensvärden för grundvatten. Utifrån resultaten av riskbedömning krävs ingen riskreduktion med avseende på dessa halter, men hänsyn krävs vid markschakt och exploatering i övrigt.

Därutöver finns föroreningar på angränsande fastigheter som i riskbedömningen visats kräva riskreduktion vid exploatering av detaljplaneområdet enligt det tävlingsförslag som finns framtaget. Behovet orsakas av förhöjda halter klorerade alifater i grundvattenmagasinet på närliggande fastigheter som riskerar att transporteras in på detaljplaneområdet.

Genomförd arkitektävling baseras på en parkeringslösning under mark i ett underjordiskt garage. Huruvida parkeringslösningen ska föreslås ovan eller under mark är dock enligt beställaren oklart. För det underjordiska garaget krävs pumpning under byggnationen av garaget för att bygget ska kunna ske i torrhet, då grundvattnets trycknivå i området ligger på mellan 1,6 och 2,8 meter under markytan. Även dräneringspumpning vid drift av garaget kan antas bli aktuell. Grundvattenpumpningen uppskattas ha ett influensområde som inkluderar del av föroreningsplymen och därför medför en ökad risk för spridning av klorerade alifater in på aktuella fastigheter samt in i schakt under byggsfasen.

Denna rapport beskriver åtgärdsutredning för att uppnå önskad riskreduktion. Den utförda riskbedömningen på vilken åtgärdsutredningen är baserad bifogas som *Bilaga 1*.

2 Uppdrag och syfte

Structor Miljöteknik AB har på uppdrag av Anna Windal/Helena Johansson vid mark- och exploateringsenheten på Örebro kommun, utfört en åtgärdsutredning för fastigheterna Nikolai 3:40 och 3:41 under 2017. Denna har nu reviderats med bland annat ytterligare ett åtgärdsalternativ.

Uppdragets syfte är att genomföra en åtgärdsutredning för att belysa vilka åtgärder som kan vidtas för att reducera miljö- och hälsoriskerna utifrån resultat från utförd miljötekniska markutredningar (Golder 2012, Structor 2015 & 2017) samt fördjupad riskbedömning (Structor 2017). Översiktligt har även kostnadsförslag på de olika alternativen hämtats från entreprenör.

Denna rapport gäller för detta specifika uppdrag och får endast återges i sin helhet, om inte annat skriftligen i förväg överenskommit med aktuell uppdragsledare.

I uppdraget har inte ingått att utföra riskvärdering, projektering eller upprätta en anmälan om efterbehandling.

2.1 Organisation

I den reviderade åtgärdsutredningen har följande företag och personer medverkat:

Namn	Företag	Ansvar och uppgifter
Ulrika Martell	Structor Miljöteknik AB	Uppdragsledare
Moa Stangefelt	Structor Miljöteknik AB	Handläggare
Peter Larsson	Structor Miljöteknik AB	Kvalitetsgranskare projekt

Den tidigare åtgärdsutredningen var daterad 2017-10-27.

3 Objektbeskrivning

För objektbeskrivning och historik se *Bilaga 1 Riskbedömning*, *Bilaga 2 Resultatrapport kompletterande miljöteknisk markundersökning*, *Bilaga 3 Resultatrapport 2 kompletterande grundvattenundersökning*.

3.1 Problembeskrivning

För fullständig beskrivning av föroreningsituation, geologiska samt hydrologiska förutsättningar se *Bilaga 1*, *Bilaga 2* och *Bilaga 3*.

Åtgärdsutredningen genomförs med anledning av den risk som bedöms uppstå då närliggande förorening påverkas av pumpning av grundvatten i byggfasen av förslagen detaljplaneändring samt för den risk som kan uppstå i det långa perspektivet om spridning sker från föroreningskällor på angränsande fastigheter.

De kompletterande miljötekniska markundersökningarna för detaljplanen har visat på ställvisa föroreningshalter över riktvärde för Känslig Markanvändning, KM, i den ytliga fyllnadsjorden. Dessa bedöms inte utgöra hinder för planändring men påverkar rekommenderad masshantering vid byggnationsstart.

I grundvatten har klorfenoler och klorerade alifater påträffats på detaljplanområdet, men i låga halter som enligt utförd riskbedömning (se *Bilaga 1*) inte bedöms utgöra hinder för genomförande av aktuell planändring utifrån påträffade halter idag.

Källorna till klorerade alifater och klorfenoler bedöms finnas på angränsande fastigheter. Beroende på potentialen i källan finns grund för framtida spridning och påverkan på detaljplaneområdet. Spridning kan ske såväl i nollalternativet, som i byggskedet för nya detaljplanen eller i samband med andra åtgärder i närområdet.

3.2 Källföroreningar

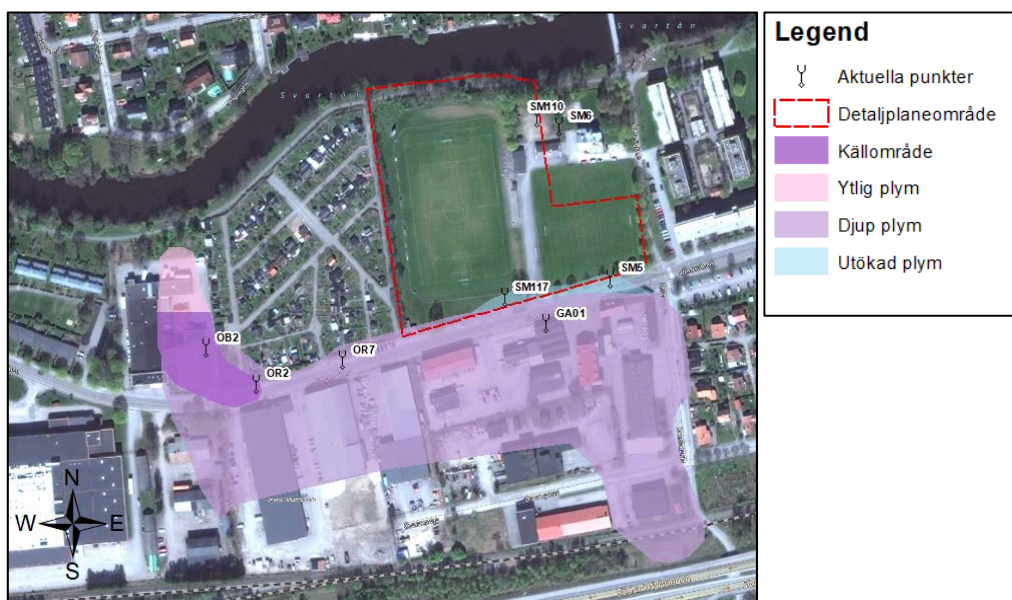
3.2.1 Allmänt

Med ett källområde menas en markvolym som har förorening i fri fas och som upprätthåller/förser en föroreningsplym i grundvatten eller porgas. Ett källområde förekommer därför ofta nära utsläppspunkten men diffusionsförorenade finkorniga jordar med höga koncentrationer kan också utgöra källområden.

Plym är det område dit föroeningen spridits, antingen löst i grundvattnet eller som porgas. Även i plymområdet kan klorerade lösningsmedel spridas in i finkorniga jordlager eller berg via diffusion. (SGF, 2011)

3.2.2 Klorerade alifater

I *Figur 3.1* illustreras den föroreningsplym av klorerade alifater som uppmärksammats i grundvattnet i nära anslutning till området för aktuell planändring. Föroeningen i plymområdet har sannolikt mer än en källa men mest kartlagd är den som finns under den f.d. kemtvätten på Tjänstemannen 2. Källområdet utgörs av främst tetrakloreten (PCE) vars halter i djupled först ökar i den ytliga torrskorpeleran, avtar i den underliggande leran för att därefter öka igen i det underliggande siltiga friktionsmaterialet (Golder, 2012). Jordlagerföljden i källområdet för plymen liknar den som identifierats på fastigheterna Nikolai 3:40 och 3:41. I plymen som breder ut sig söder om Idrottsvägen avtar halten PCE och domineras istället av dess nedbrytningsprodukter. Det är dock inte utrett om fullständig nedbrytning sker till eten.



Figur 3.1 Uppskattad utbredning av föroreningsplym av klorerade alifater nära planändringsområdet. Skiss baserad på analysresultat från Golder 2012 samt uppdaterade data från kompletterande miljöteknisk markundersökning 2015 och 2017 av Structor Miljöteknik.

3.2.3 Klorfenoler

Klorfenolerna härstammar troligen från det f.d. sågverk som låg på Träsnidaren 2:1 och 4:1, strax sydväst om detaljplaneområdet, se *Figur 3.2*. Där det misstänks att dopning i pentaklorfenol har förekommit. Verksamheten flyttade till platsen år 1940, men information om hur länge verksamheten bedrevs saknas. Användning av pentaklorfenol förbjöds dock i årsskiftet 1977/78 (Lst o, 2008).

Ragn-Sells Miljökonsult utförde år 2008 en miljöteknisk undersökning av tio före detta sågverk i Örebro län, där ibland detta sågverk ingick. Undersökningen var väldigt översiktlig, då endast tre borrhöjningar placerades ut på de båda fastigheterna och inga grundvattenrör installerades. Därmed saknas mätvärden för klorfenolernas troliga källområde.

Spår av klorfenoler har påträffats i grundvattnet och även i jorden på detaljplaneområdet. Det är nedbrytningsprodukter av pentaklorfenol som påträffats i grundvattnet på

detaljplaneområdet, di- och monoklorfenoler. Klorfenolerna påträffades både i det övre och undre grundvattenmagasinet. I jorden förekom spår av hela nedbrytningskedjan, från penta- till monoklorfenoler.



Figur 3.2 Flygfoto över Örnsro industriområde (orebro.se), där detaljplaneområdet är markerat med rött, fastigheten Tjänstemannen 2 med gult och Träsnidaren 2 och 4 med blått.

3.3 Förutsättningar för detaljplanen

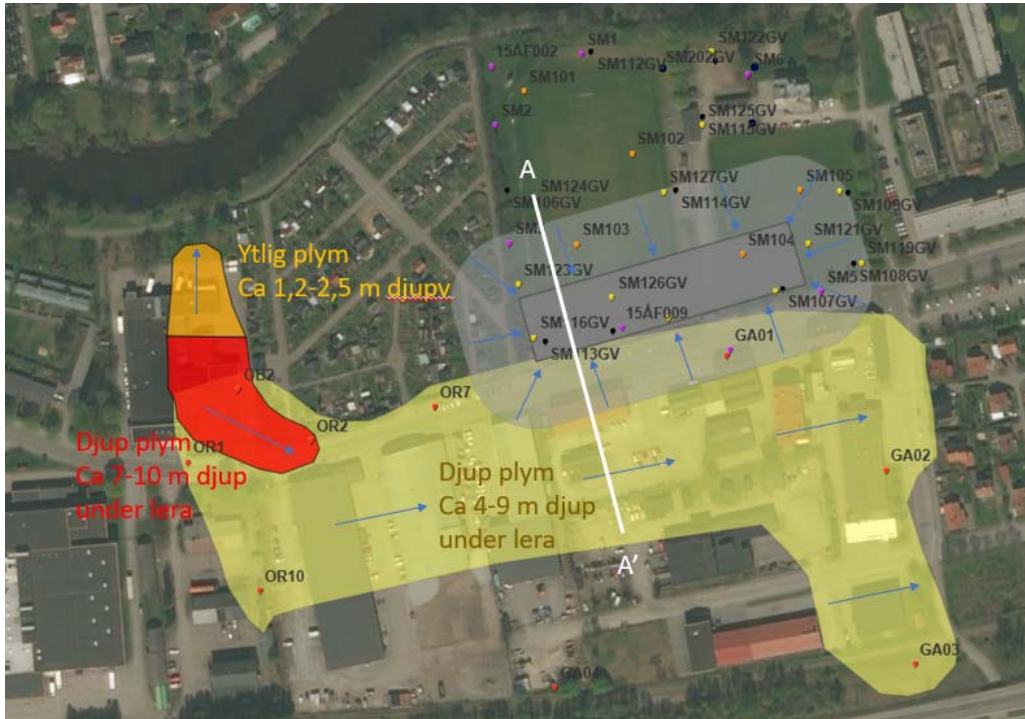
I en detaljplaneändring för fastigheterna Nikolai 3:40 och 3:41 föreslås en byggrätt för parkering längs fastighetens södra gräns. Huruvida parkeringslösningen ska föreslås ovan eller under mark är inte klarlagt ännu. Baserat på en parkeringslösning under mark behöver golvytan ligga på 4,5 m under planerad marknivå. I och med detta har ett schaktdjup om minst 5 m antagits behövas under byggnationen. Grundvattnets trycknivå inom aktuella fastigheter ligger på mellan 1,6 - 2,8 meters djup, vilket innebär att en lokal grundvattensänkning på ca 3,4¹ meter behöver ådstakommas för att torrlägga schakt under byggnationen. Grundvattenpumpning för att torrlägga schakt i de aktuella jordlagren har i riskbedömningen beräknats ha ett influensområde om 35 m (Bil 1). Influensområdet kommer därmed att inkludera del av föroreningsplymen av klorerade alifater söder om Idrottsvägen, se figur 3.3.

För att utföra schakten installeras en spont och pumpning sker innanför sponten. Påverkan på föroreningsplymen sker endast inom influensradien och spridning in i spontområdet kan bli aktuell. Influensradien är dock mycket översiktligt beräknad för moränen och kan vara både större och mindre. Rörelse i leran styrs av andra mekanismer och bedöms i jämförelse med moränen vara försumbar och tas inte upp vidare i denna utredning. Så länge pumpning pågår så sker ingen vidare spridning utanför influensradien av det vatten som ligger inom influensradien, se figur 3.3 och figur 3.4. Spridning utanför influensradien fortsätter dock precis som pågående spridning idag.

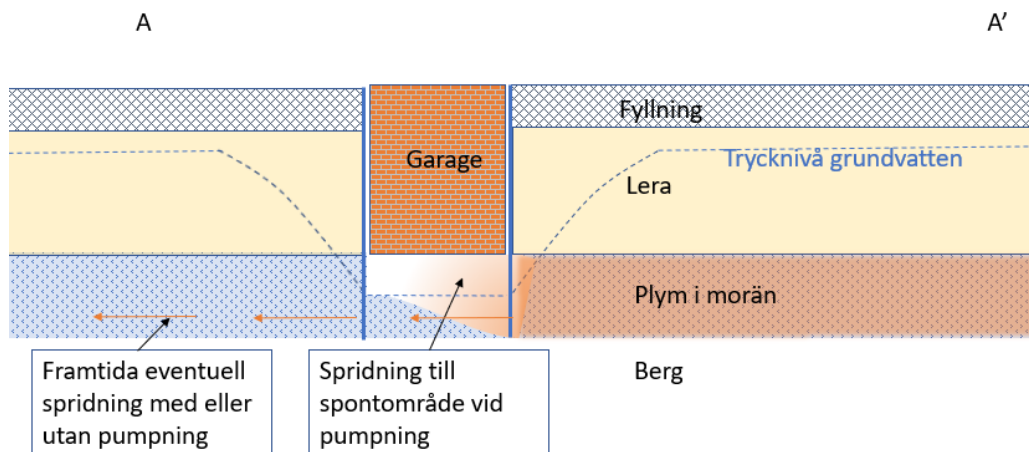
För byggnader ovan mark, bostäder och parkeringshus, krävs pålning. Pålning bedöms ha liten påverkan på spridning till omgivningen då föroreningar i den övre akvifären inte

¹ Om schaktdjup på 5 m, som antagits i riskbedömningen.

påträffats på aktuella områden. Vid pålning genom täta jordlager (lera) så sluter leran oftast väldigt tätt mot pålen snart efter pålningen utförts, varför spridning av ånga utmed pålen inte är sannolik.



Figur 3.3 Mörkgrå yta markerat antaget läge för underjordiskt garage och ljusgrå zon på 35 m visar beräknad influensradie vid pumpning. Gul yta visar utbredning av djupt liggande plym idag med lägre halter och röd yta är djup plym med höga halter (källområde). Orange yta är ytlig plym från källområde som sprids till Svartån. Denna del förväntas inte påverka detalplaneområdet. Blå pilar visar antagen riktning på grundvattnets rörelse vid pumpning. De namngivna punkterna är provtagningspunkter.



Figur 3.4 Profil genom det planerade underjordiska garaget med antaget spridningsmönster för plymen. I figuren har spontens djup antagits till 5 m då detta har antagits som pumpnivå, men det är mer troligt att sponten slås till berg då djupet till berg har antagits vara 5-8 meter på planområdet. Så länge sponten finns kvar kommer den utgöra ett hinder för transport av plymen.

Efter byggfasen avslutas normalt sett pumpning då konstruktionen görs vattentät. Påverkan på del av plymen inom influensradien, spridning från plymområdet till spontområdet, upphör då. Den spridning som då sannolikt redan har skett till spontområdet innebär en utökning av plymen, men det är en utökning som på lång sikt kan ske ändå även utan pumpning. Om sponten slås ner till berg så kommer spridning från plymen att minska då sponten utgör ett transporthinder. Så länge pumpning sker innanför sponten finns dock risk för spridning av plymen in i spontområdet. Om sponten finns kvar när pumpning upphör utgör dock sponten ett transporthinder för plymen. Övan beskrivna spridning gäller för klorerade alifater löst i grundvatten. I källområdet förekommer fri fas förorening som är tyngre än vatten och rör sig med tätas lutning (t.ex. på tätas lerskikt och berg). Denna rörelse kan ske i motsatt riktning mot grundvattnets rörelse. Fri fas förorening har inte påträffats nära detaljplanens område, varför denna spridning inte har beaktats i samband med pumpning.

Även klorfenoler i grundvatten kommer följa grundvattnets rörelseriktning. Klorfenoler är sannolikt till större delen löst i vatten, varför eventuell fri fas inte beaktas i samband med spridning. Klorfenoler har även påträffats i det övre grundvattenmagasinet (2-4 m djup i torrskorpelera). Då källan inte är känd har ingen bedömning av eventuell plym utförts.

4 Åtgärds mål

4.1 Övergripande åtgärds mål

Som övergripande åtgärds mål för detaljplaneområdet anges följande:

- Människor ska kunna bo och vistas på aktuellt detaljplaneområde utan att utsättas för oacceptabla hälsorisker nu och i framtiden.
- Markmiljön på platsen ska medge normal användning av bostadsmark.
- Förhindra att ökad spridning sker till Svartån på grund av planerad exploatering.

4.2 Behov av riskreduktion för att uppnå åtgärds mål

Enligt genomförd riskbedömning uppkommer behovet av riskreduktion främst vid pumpning av grundvatten på detaljplaneområdet. Det bästa vore att åtgärda källan men då den ligger utanför detaljplanen saknas befogenheter att hantera den, se vidare kap 6.1. Därför måste riskreduktionen ske genom minskad exponering och spridning i byggfasen och driftfasen. För exponering via inandning av ånga vid scenario med pumpning överstiger riskkvoten för kroniska effekter av TCE, med utspädningen 1/5000, ensam gränsen på 0,5. De övergripande åtgärds målen uppfylls inte och behov av riskreduktion finns med avseende på inandning av ånga. Ingen ökad påverkan på Svartån och markmiljön på platsen till följd av pumpningen under byggfasen bedöms finnas. På längre sikt i driftfasen är eventuell påverkan dock mer oklar och kan inte utslutas vid scenario med pumpning.

Om pumpning kommer att pågå under lång tid bedöms mer förorening kunna transporteras in på området, i vilka halter är svårt att förutspå. Om pumpningen är kortvarig bedöms dock inte betydande påverkan ske från utanför influensradien.

Vid scenario utan pumpning tyder det i dagsläget på att ingen riskreduktion krävs varken i byggskedet eller driftskedet. De övergripande åtgärds målen bedöms uppfyllas

idag. Det har dock inte utförts någon hydrogeologisk undersökning och påverkan från översvämningar, flödes hinder i marken eller andra förutsättningar som kan påverka flödet har inte studerats. Den bedömningen ska därför ses som preliminär och speglar inte förhållanden på lite längre sikt.

5 Åtgärdstekniker

5.1 Allmänt

Nedan diskuteras och utsluts olika potentiellt gångbara metoder. Åtgärdsförslag som anses lämpliga i ett kortsiktigt och långsiktigt perspektiv, samt genomförbara både ekonomiskt och tekniskt, kombineras och formuleras till konkreta åtgärdsalternativ i stycke 6 Åtgärdsalternativ.

Naturvårdsverket beskriver i Rapport 5663 – *Klorerade lösningsmedel* en rad efterbehandlingstekniker. Många har utslutits direkt då de främst är tillämpbara vid behandling av källområdet och inte i aktuellt scenario där förorening ska förebyggas snarare än åtgärdas. Kvarstår gör följande tekniker som kan vara möjliga att använda:

- Byggtekniska åtgärder
Exempelvis "radontät platta" och/eller ventilation under bottenplatta för att förhindra inträngning av förorening i gasfas. Förhindrar eller avlägsnar ej förorening men reducerar dess hälsorisk.
- Inneslutning/barriär
Tätspont eller slurrybarriärer är impermeabla barriärer som förhindrar horisontell föroreningsspridning och kan förutom inneslutning av källområde även användas till att "styra bort" förorenat grundvatten från specifikt område. Beprövad och kommersiellt tillgänglig metod.
- Metallkatalyserad reduktion
Finns i flera utföranden varav en så kallad Permeabel Reaktiv barriär är bäst anpassat för åtgärd i plymområdet. Barriären påskyndar nedbrytningen av klorerade alifater i och med att förorenat grundvatten passerar igenom.
- Skyddspumpning
För att förhindra att förorenat grundvatten sprider sig till områden som idag inte är förorenade kan pumpning och rening i plymområdet ske. Uppumpat vatten renas och släpps ut till dagvatten alternativt återinfiltreras utanför plymen.

Utöver dessa har en teknik som kombinerar injektion av flytande aktivt kol med metallkatalyserad reduktion övervägts.

- Aktivt kol förstärkt med nollvärt järn
Metod för att stoppa framfarten av klorerade alifater i grundvatten genom injektion av aktivt kol och nollvärt järn som immobiliserar samt bryter ned föroreningen.

5.1.1 Byggtekniska åtgärder

Risken att uppträngande markånga från grundvatten förorenat av klorerade alifater samt klorfenoler tar sig in i bostäder kan minskas av byggande med så kallat radonsäkert utförande. Radonsäkert utförande är den högsta graden av tätning mot uppträng-

ande markgas och innebär i praktiken att konstruktionen ska reducera halt i porluft under byggnaden genom bland annat utökad tjocklek på bottenplatta, tätade genomföringar samt ventilation av grunden.

5.1.2 Inneslutning/barriär

Det finns flera typer av sponter av olika material och som fungerar på olika sätt. Det kan vara en spont av plast eller en tätspont av en serie stålpaneler som drivs ned i marken utan schaktning och låses till varandra med en låsspont. Metoden kräver att spontens botten drivs ned i ett tätande jordlager eller berg. Metodens kostnad klassas som hög relativt andra efterbehandlingsmetoder av Naturvårdsverket men har snabb verkan och kräver lite underhåll över tid, samt är etablerad och kommersiellt tillgänglig. Metoden kan nyttjas både för inneslutning av schaktningsområdet för att minska behovet av pumpning och som barriär för att leda bort förorening. Valet av stålspont grundar sig på att den bedöms beständig utifrån kontakt med projektör (se *Bil 5*) mot valda föroreningar samt att den kan drivas ned utan schakt. Sponten är framtagen enbart som en tätning mot föroreningar och har inte tagit hänsyn till hur det ska fungera som spont för schakt etc. En plastspont är mindre beständig men kan fyllas med olika material (ex bentonit) för att bli beständig mot aktuella föroreningar, den kan däremot vara svårare att förankra tätt mot berg utan schakt.

Slurrybarriärer är uppbyggda av en bentonitblandning (ofta jord, bentonitlera och vatten) med mycket låg permeabilitet som efter applicering stelnar till en tät skärm. För installationen krävs urgrävning alternativt borrhaggat för så kallad jetinjektering. Goda kunskaper om de geokemiska samt hydrogeologiska förutsättningarna på platsen krävs för att bedöma vilken slurryblandning som kommer vara beständig på sikt, då jord/bentonit blandningar inte motstår exempelvis starka saltlösningar eller syror. Metodens kostnad klassas som hög relativt andra efterbehandlingsmetoder av Naturvårdsverket och är inte lika kommersiellt tillgänglig som tätspont, speciellt inte jetinjektering. Med anledning av detta samt känsligheten i blandningen för beständigheten har metoden uteslutits i åtgärdsalternativen.

5.1.3 Metallkatalyserad reduktion

Permeabel reaktiv barriär (PRB), är en in situ metod utformad för skyddande av objekt nedströms ett källområde av klorerade alifater. Barriären, ofta schakt som fylls med järnspån, introduceras i marken för att vid kontakt med klorerade alifater kemiskt öka den naturliga nedbrytningshastigheten genom att frigöra elektroner då det korroderar. Huruvida nedbrytningsprocesserna kan ge upphov till hälsofarliga biprodukter som avgår i gasfas (ex VC) är inte helt klarlagt men kan vara beroende av parametrar såsom nedbrytningsförhållandena, halterna i grundvattnet samt grundvattenflödets hastighet. Kostnaden för metoden klassas som medelhög relativt andra efterbehandlingsmetoder av Naturvårdsverket, men kräver omfattande uppföljning och underhåll för att säkerställa funktionen. På grund av behovet av långsiktigt underhåll samt osäkerheter kring risker för uppträngande biprodukter i gasfas har metallkatalyserad reduktion uteslutits från åtgärdsalternativen.

5.1.4 Skyddspumpning

Metoden innebär att förorenat grundvatten pumpas upp och behandlas på plats. Det behandlade grundvattnet kan antingen återinfiltreras eller släppas ut till dag-/ytvatten förutsatt att föroreningshalterna är tillräckligt låga. Metoden är relativt ineffektiv som massreduktionsmetod vid behandling av klorerade alifater, men kan dock med fördel användas för skyddspumpning och hydraulisk inneslutning med syfte att avleda en föroreningsplym.

Via en eller flera brunnar pumpas det förorenade grundvattnet upp till markytan för någon form av behandling. Vanligen används dränkbar pump placerad centralt i källzonen eller föroreningsplymen. Är syftet enbart att avlänka en föroreningsplym och motverka föroreningsutbredning kan den dränkbara pumpen med fördel vara placerad under föroreningsnivån. Exempel på vanligt förekommande reningstekniker för pumpat förorenat grundvatten är olika filtreringstekniker som t.ex. kolfilterrening, nano- och ultrafiltrering och omvänd osmos.²

5.1.5 Aktivt kol förstärkt med nollvärt järn

En sorts permeabel reaktiv barriär som ej kräver urschaktning kan åstadkommas genom injektion av aktivt kol förstärkt med metalliskt järnpulver i ett flertal injektionsbrunnar nedströms en föroreningsplym. Vid kontakt med förorening immobiliserar det aktiva kolet ämnet genom att adsorbera det, vilket leder till snabbt sänkning av halterna i lösning. Då föroreningen är "fångad" reagerar den med järnet och bryts ned med samma kemiska princip som beskrivet ovan i 5.1.3. I engelsk litteratur benämns principen "trap and treat". En av fördelarna gentemot en barriär av enbart granulärt järn är att produkter av nedbrytningen hindras från att avgå i gasfas genom att åter adsorberas på kolet och med tiden genomgå fullständig reduktiv deklorering till eten eller etan. Metoden ger bäst effekt i källområden med höga halter, men då injiceringen spräcker upp strukturen i marken och skapar fickor med högre genomsläpplighet kan metoden även utnyttjas för att skapa en slags permeabel reaktiv barriär. Produkten för injicering som övervägts har enligt samråd med entreprenör varit BOS100®. Metoden är ny och BOS100® användes för första gången i Sverige av ÅF-konsult, för sanering av klorerade alifater år 2011.

6 Åtgärdsalternativ

6.1 Åtgärd av föroreningskälla

Så länge källområdet finns kvar kommer plymområdet utökas i halt och utbredning. Även källföroreningen kan förflyttas genom transport i fri fas utmed täta ytor, t.ex. lutande tät leryta eller bergyta.

Om åtgärder av källområdet utförs kommer halter i plymområdet succesivt att avta och även om en utbredning av plymen ändå kan ske spontant genom grundvattentransport sker samtidigt en haltsänkning genom utspädning och nedbrytning. Detta ger vinster inte bara för aktuella detaljplaneområdet utan även övriga delar av påverkansområdet.

Pumpning och rening av grundvatten vid källan förhindrar vidare spridning i större utsträckning än åtgärder någon annanstans i påverkansområdet. Tillsammans med en inkapsling av källan och pumpning begränsas spridning ytterligare. Det är relativt enkla och kostnadseffektiva åtgärder för att förhindra vidare spridning.

För detaljplanens genomförande, samt för hela påverkansområdet, är åtgärder i källområdet mest kostnadseffektiva och rekommenderas i första hand. Om spridning av källan begränsas eller källan åtgärdas på annat sätt kommer andra åtgärder inom påverkansområdet utgöra mindre risk då halterna i plymen inte kan öka.

² www.atgardsportalen.se

6.2 Åtgärder för detaljplanen

De utredda åtgärdsalternativen är:

0. Nollalternativ
1. Byggnadstekniska åtgärder: Radonsäkert utförande
2. Inneslutning med tätspont av underjordiskt garage för att minimera behovet av grundvattenpumpning.
 - a. Med pumpning innanför spont
 - b. Med pumpning innanför spont samt skyddspumpning utanför spont
3. Införande av tätspont längs fastighetsgräns i söder och väster (mot föroreningsplym) för att förhindra horisontell inträngning av förorenat grundvatten på fastigheten.
4. Injicering av *BOS100®* för att hindra och bryta ned förorening
5. Planändring utan underjordiskt garage
 - a. Utan tätspont
 - b. Med tätspont vid behov

6.3 Nollalternativ

Nollalternativet innebär att detaljplanen inte genomförs. Risken för fortsatt spridning av föroreningsplymen in på det aktuella området finns och så länge källområdet finns kvar kommer plymområdet utökas både i halt och utbredning. Exakt vilka vägar föroreningsplymen tar är dock oklart. Även källföroreningen kan förflyttas genom transport i fri fas utmed täta ytor, t.ex. lutande tät leryta eller bergyta.

Om inga nya byggnader uppförs på aktuellt område kommer exponering för ånga inte att ske på det aktuella området. Det finns dock några byggnader på området idag som nyttjas för omklädning m.m. Risken för oacceptabel exponering i dessa byggnader bedöms dock som liten om exponeringstiden är begränsad till MKM nivå.

6.4 Åtgärdsalternativ 1: Byggnadstekniska åtgärder – MIN alternativ

Alternativet innebär att samtliga bostadsbyggnader på fastigheten byggs med ventilerade bottenplattor. Detta kallas även radonsäkert utförande och är en skyddsåtgärd som reducerar riskerna i det fall plymen av klorerade alifater rör sig in på fastigheten under de planerade bostadshusen.

Grundkonstruktionen utförs med dubbelarmerad betong som uppfyller sprickbreddskravet 0,2 mm. Rör genomföringar och skarvar tätas med elastiska fogmaterial beständiga mot aktuella föroreningar. Alternativt används radonduk som placeras under plattan. Radonduken ska då vara beständig mot aktuella föroreningar. Konstruktionen kompletteras med radonslang i dräneringslagret och vid behov kan dessa förses med en radonsug för evakuering av förorenad luft från marken under byggnaden. Som komplement till detta kommer varje lägenhet ha ett eget luftbehandlingsaggregat för att reglera till- och frånluft. Uteluft tas in från fasad och avluft leds upp ovan yttertak. Systemet injusteras vid driftsättning för att säkerställa förhållanden mellan till- och frånluft. Att bygga radonsäkert innebär att risken minimeras för boende i de planerade husen då eventuell markånga från förorenat grundvatten inte tillåts tränga upp i bostadshusen.

I aktuell planändring planeras även för ett garage i källarplan. Garaget kommer att utföras med vattentät betong som har liknande täthetskrav som radonsäkert utförande. Istället för radonslang har garaget separat ventilation från bostäderna med egna till- och frånluftskanaler ovan garaget. Bostäder ovan garaget kommer utföras med radon-

säkert utförande enligt ovan och garaget kommer därmed utgöra en extra säkerhetsmarginal mot exponering av uppträngande markgaser. Detta bedöms väga upp för eventuellt ökade risker genom att skyddande lerlager schaktas bort i samband med anläggande av garaget.

Åtgärdsalternativet innebär inte någon minskning av föroreningsplymen, eller åtgärd för att förhindra att förorening transporteras in på fastigheten. Åtgärdsalternativet bedöms därför inte kunna uppfylla alla åtgärdsmålen, då framtida påverkan på markmiljö och Svartån inte kan uteslutas. Åtgärden kräver sannolikt även ett kontrollprogram för att fortlöpande visa att miljö- och hälsorisker inte uppstår. Länshållningsvatten kräver sannolikt även ett kontrollprogram och eventuellt även rening innan det kan släppas ut.

Med anledning av detta anses åtgärdsalternativ 1, som utgör minsta möjliga åtgärd, främst vara lämplig i kombination med andra riskreducerande åtgärder.

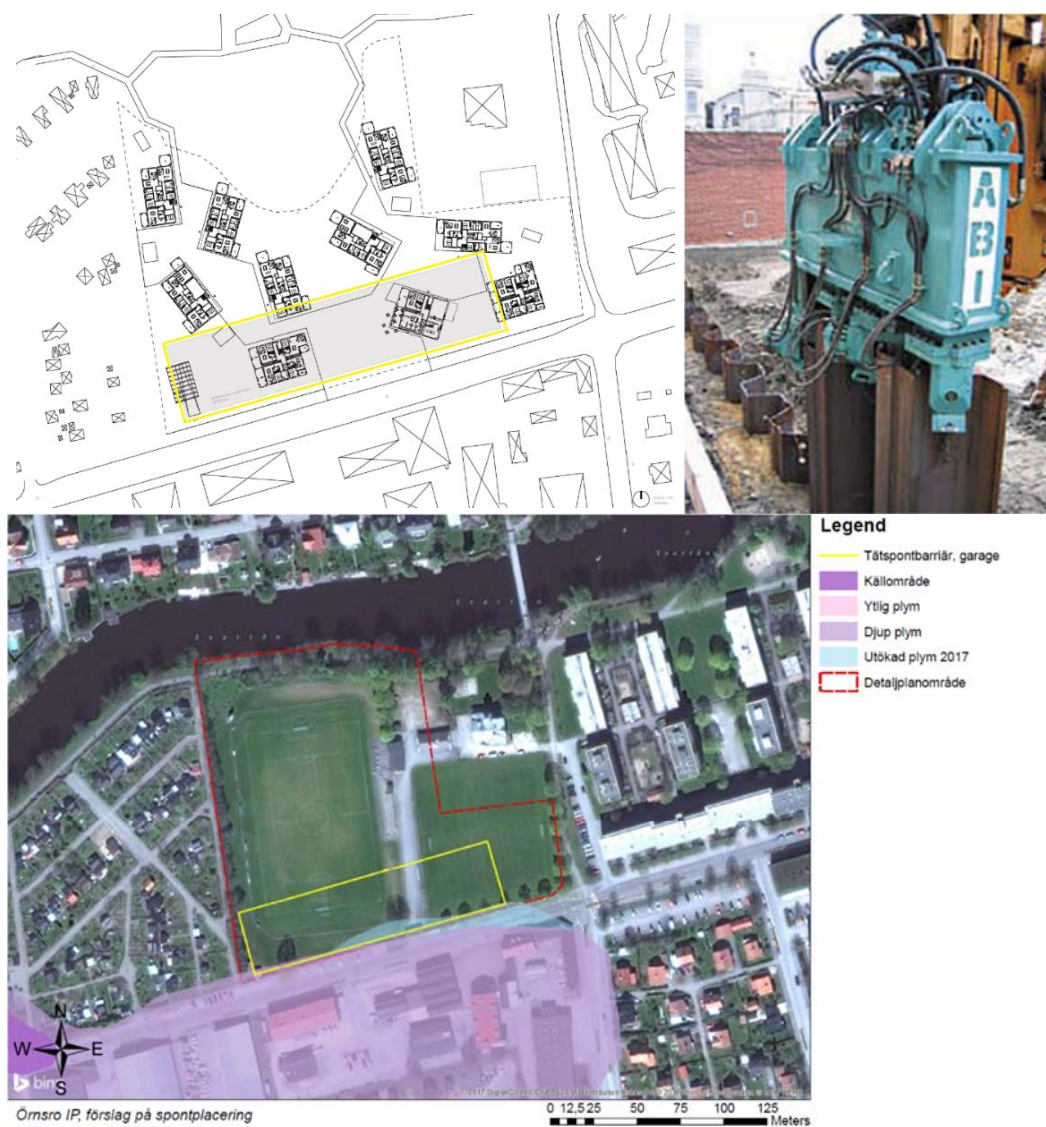
6.5 Åtgärdsalternativ 2: Inneslutning av garage

6.5.1 Allmänt

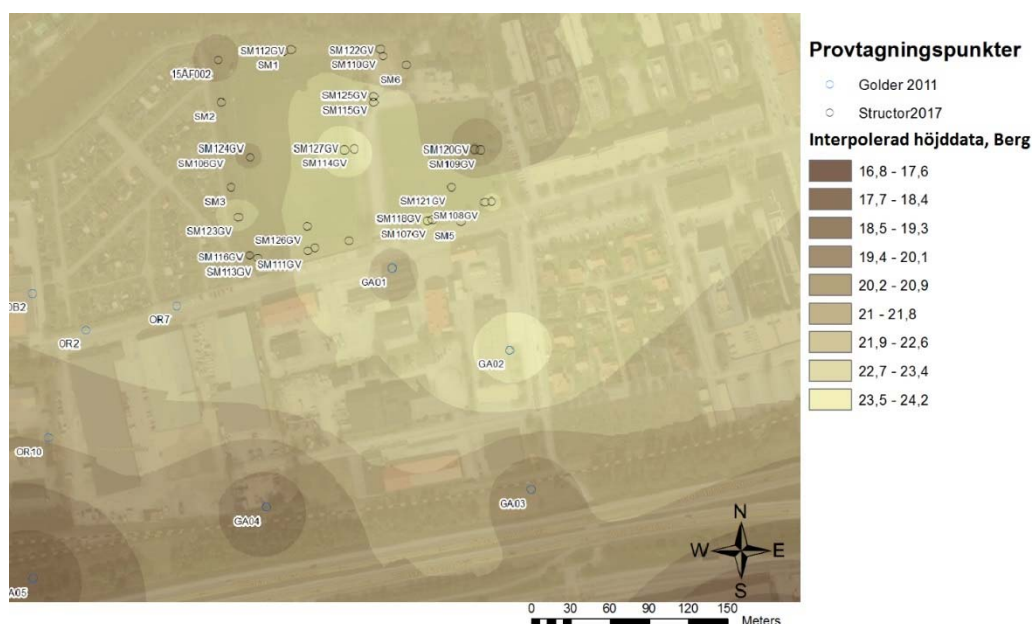
Åtgärdsalternativ 2 innebär att en barriär i form av förstärkt stålspont, monteras ner till berg runt området för byggnation av det underjordiska garaget. Barriären skulle syfta till att förhindra horisontell transport av grundvatten till området för garaget och därmed minimera influensområdet för pumpning vid torrläggning. Metoden förutsätter att barriären är tät även i botten mot berg, samt att berggrunden är fri från omfattande sprickbildning då detta leder till att grundvatten tränger upp underifrån. Tätning med jetinjektering med t.ex. bentonit ger en mycket tät konstruktion om den är rätt installerad och utan sprickor i berggrunden kan den vara helt tät. Detta har dock inte beaktats i denna åtgärdsutredning, se kap 5.1.2. Sponten antas följa hela markprofilen och för genomföring av t.ex. ledningar så krävs dock tätning med bentonit eller motsvarande för att konstruktionen fortfarande ska vara tät.

Barriären bestående av slagen profilspons i stål vibreras eller slås ner i marken samt stoppslås mot berg. Tätningen sker mellan spont och berg. Sponten installeras innan starten för byggnadsarbetet, i syfte att vara vattentät samt permanent med en livslängd på 100 år. För ökad beständighet långsiktigt bör spontplankornas tjocklek innefatta en marginal för avfrätning, efter vilken sponten förblir tät, denna marginal har i konstansuppskattningen satts till 3 mm per sida. Den totala längden för föreslagen placering av tätspons runt garaget uppskattas till ca 375 m (se *Figur 6.1*). Då den ska slås ner till berg påverkar bergets topografi installationen och kostnaden för åtgärden. En grov uppskattning av bergets topografi har gjorts med hjälp av sonderingsloggar, som syns i *Figur 6.2*. Utifrån detta har ett medeljorddjup på ca 6 m antagits för beräkning, vilket ger en total spontyta om 2250 m². Denna tätspons förutsätter ett marktryck på båda sidor, varför den inte kan användas även för markschakt. I det fallet krävs ytterligare projektering eller ytterligare en spont i anläggningskedet av garaget.

Alternativet förhindrar inte transport av föroreningar till övriga delar av området med den placering som garaget och sponten har i aktuellt förslag. I kombination med åtgärdsalternativ 1 – Byggnadstekniska åtgärder, reduceras dock eventuella risker för boende. Likasom för åtgärdsalternativ 1 bedöms åtgärdsalternativ 2 inte kunna uppfylla alla åtgärdsmålen, då framtida påverkan på markmiljö och Svartån inte kan uteslutas. Åtgärden kräver sannolikt även ett kontrollprogram för att fortlöpande visa att miljö- och hälsorisker inte uppstår. Länshållningsvatten kräver sannolikt även ett kontrollprogram och eventuellt även rening innan det kan släppas ut.



Figur 6.1 Överst till vänster syns detaljplanändring enligt tävlingsförslag, skuggat område markerar underjordiskt garage och gul linje föreslagen placering av permanent tätspont. Höger om denna visas installationen av slagen profilspont i stål (Källa: NV Rapport 5663). Längst ner visas en karta över området med plym synlig i lila och blått och föreslagen placering av permanent tätspont i gult.

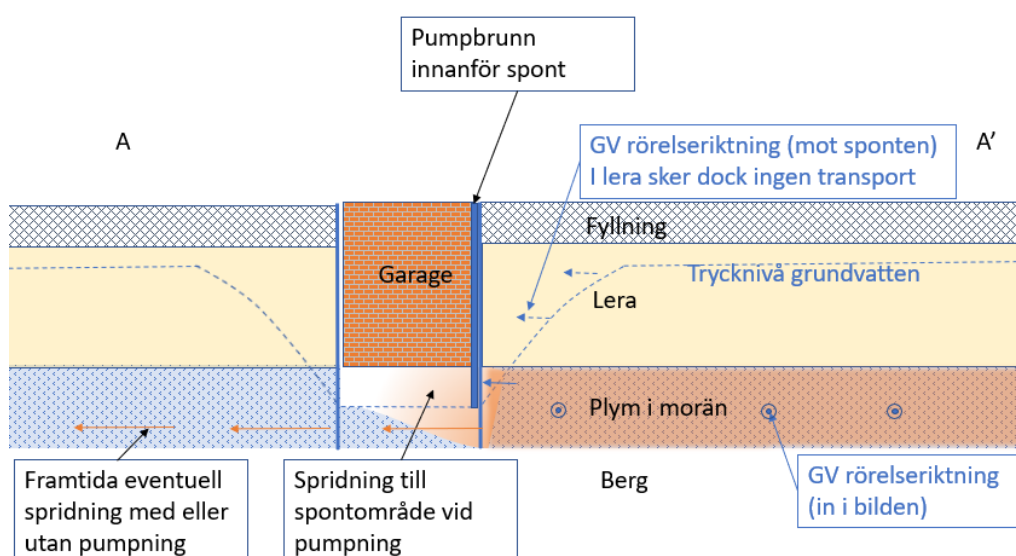


Figur 6.2 Illustration av bergets topografi under jordlager på aktuella fastigheter. Höjder anges i höjdsystem RH 2000. Mörkare färg anger större avstånd till berg från markytan.

Läget för sponten enligt figur 6.1 är precis i kanten på aktuell plym för klorerade alifater. Spridning har som tidigare beskrivits antagits kunna ske till spontområdet (se figur 3.4 och 6.3 nedan). Utförandet av alternativ 2 kan göras i två varianter; med pumpning innanför spont alternativt med pumpning innanför och utanför spont för att förhindra spridning av plym. Pumpningen sker endast under byggskedet och är därmed av tillfällig karaktär, men den kan vara tillståndspliktig enligt miljöbalken om det inte är uppenbart att allmänna och enskilda intressen inte påverkas

6.5.2 Pumpning innanför spont

Pumpning innanför sponten påverkar plymen och transport av föroreningar in i spontområdet kan ske.

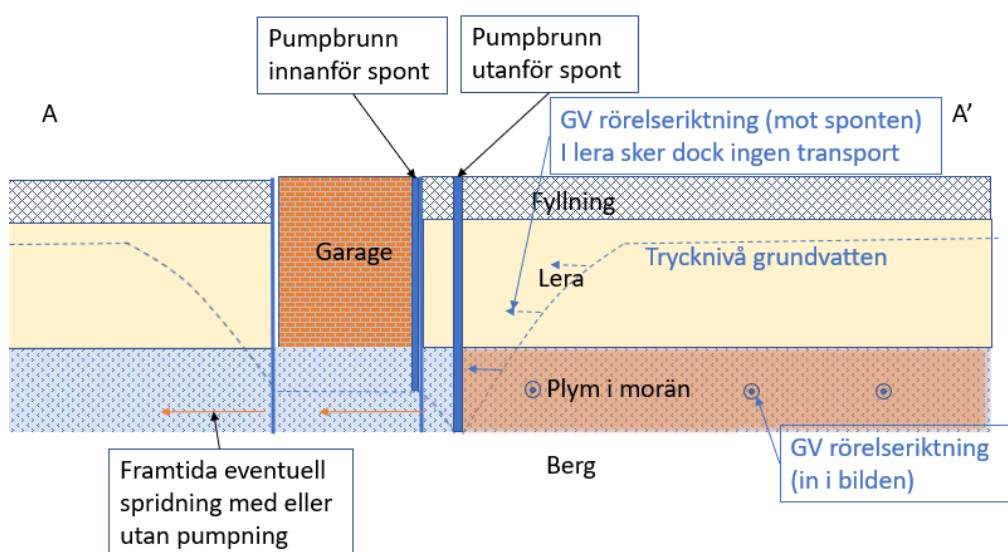


Figur 6.3 Profil genom det planerade underjordiska garaget med antaget spridningsmönster för plymen vid pumpning innanför sponten.

6.5.3 Pumpning innanför spont och skyddspumpning utanför spont

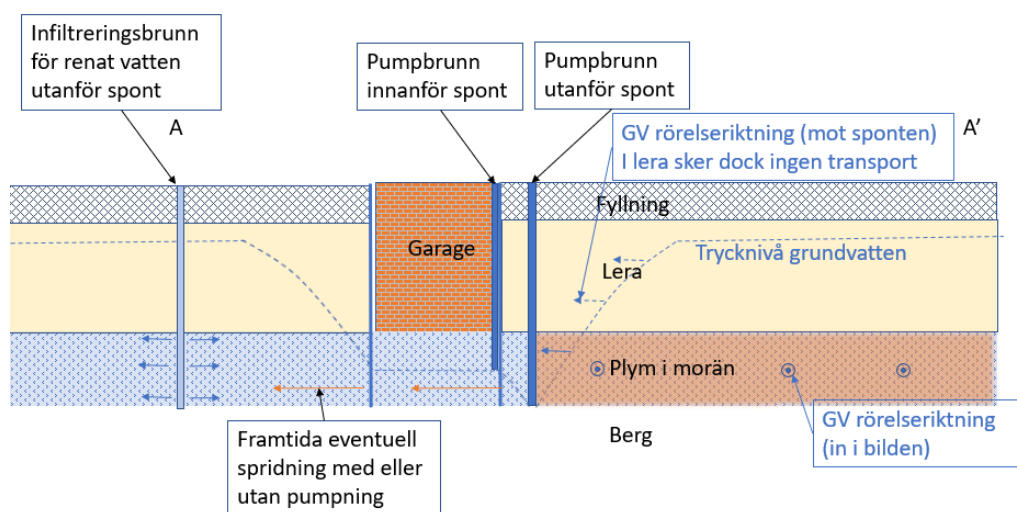
Om pumpbrunnar installeras även utanför sponten skärs spridningsvägen av för plymen under byggskedet. Installation av pumpbrunnarna sker då i kanten av plymen och ingen spridning utanför aktuella plymområdet förväntas. Pumpning innanför sponten bedöms då endast bli aktuell vid länshållning av nederbördsvattnen, vilket inte kommer påverka plymen. Längden på sponten är ca 150 m och med influensradie på ca 35 m krävs minst 3 brunnar utmed bredden, se figur 6.4.

Behovet av skyddspumpning styrs av länshållningspumpningen innanför sponten. Om sponten blir relativt tät är behovet av länspumpning liten och skyddspumpningen utanför sponten behöver inte vara så stor.



Figur 6.4 Profil genom det planerade underjordiska garaget med antaget spridningsmönster för plymen vid pumpning innanför och utanför sponten.

Uppumpat vatten renas med kolfilteranläggning eller liknande och släpps antingen direkt till recipient eller återinfiltreras i marken utanför plymen. Det bästa är att göra det på planområdet på andra sidan spontområdet. Återinfiltreringen blir då en slags barriär som styr plymen bort från spontområdet, se figur 6.5. Grundvattenpumpningen kan vara tillståndspliktig enligt miljöbalken om det inte är uppenbart att allmänna och enskilda intressen inte påverkas.



Figur 6.5 Profil genom det planerade underjordiska garaget med antaget spridningsmönster för plymen vid pumpning innanför och utanför sponten samt återinfiltrering på detaljplaneområdet utanför spontområdet inkl influensradie för pumpningen.

6.6 Åtgärdsalternativ 3: Barriär längs fastighetsgräns

Åtgärdsalternativ 3 innebär att en barriär placeras längs fastighetsgräns mot känd föroreningsplym och källområde. Barriären skulle inte som i åtgärdsalternativ 2 främst syfta till att minimera influensområdet för grundvattenpumpningen under byggnation, utan istället syfta till att leda bort föroreningsplymen i det fall att delar av den transporteras in mot fastigheten. Sponten antas följa hela markprofilen och för genomföring av t.ex. ledningar så krävs dock tätning med bentonit eller motsvarande för att konstruktionen fortfarande ska vara tät.

Barriären skulle utgöras av slagen profilsfont i stål och dess utformning samt installationsätt vara detsamma som i åtgärdsalternativ 2. Placeringen skiljer sig åt (Figur 6.66) och den totala längden uppgår i det här tillvägagångssättet till ca 380 m. Ytan för tätsfont uppskattas utifrån detta samt ett medeljorddjup på 6 m, till 2280 m².

Risken för inträngande föroreningar på fastigheten med en tätsfont som barriär är liten men det är ändå i det långa perspektivet svårt att garantera tätheten. Alternativ 3, i kombination med åtgärdsalternativ 1 – Byggnadstekniska åtgärder, kan eventuella risker för boende reduceras ytterligare. De övergripande åtgärds målen bedöms uppfyllas med alternativ 3 och 1 i kombination. Åtgärden kräver sannolikt även ett kontrollprogram för att fortlöpande visa att miljö- och hälsorisker inte uppstår, dock i mindre omfattning än för alternativ 2. Länshållningsvatten kräver sannolikt även ett kontrollprogram och eventuellt även rening innan det kan släppas ut.

Negativ omgivningspåverkan kan dock uppstå med "bortledande" barriärer då de leder bort föroreningsplymen från aktuella fastigheter och därmed "leder in" föroreningen på omgivande fastigheter, i aktuellt fall exempelvis Örsro kolonilottsområde.



Figur 6.6 Illustration av undersökningsområde med föreslagen placering av tätspons i gult. Plym samt källområde i lila och blått.

6.7 Åtgärdsalternativ 4: Injektion av **BOS100® - MAX** alternativ

Åtgärdsalternativ 4 skulle innebära installation av injektionsbrunnar samt kontrollbrunnar på flertalet platser längs fastighetens södra och västra gräns. En produkt av typen **BOS100** skulle injiceras längs södra och del av västra fastighetsgränsen med ca 1,5 meters mellanrum, ner i den mättade zonen. Tekniken syftar till att låta förorenat grundvatten renas på sin väg genom barriären i och med adsorption av de klorerade alifaterna på aktivt kol. Metoden kräver ytterligare utredning av hydrogeologin på platsen och innebär en möjlighet att sänka den totala mängden förorening i grundvattnet genom att förutom adsorption också öka nedbrytningshastigheten genom kemisk nedbrytning.

Alternativ 4 ska liksom alternativ 3 förhindra inflöde av föroreningar i större omfattning till hela detaljplaneområdet och de övergripande åtgärds målen bedöms uppfyllas med åtgärden. Kontrollprogram i mindre omfattning än för alternativ 1-3 ovan kan ändå bli aktuell för att följa upp åtgärden.

6.8 Åtgärdsalternativ 5: Planändring utan underjordiskt garage

Att utföra detaljplanändring utan det underjordiska garaget reducerar risken med byggnationen signifikant och därmed också behovet av åtgärd. Negativ miljö- och omgivningspåverkan, avseende föroreningar i grundvatten, minimeras då byggnadsarbetet begränsas till den omättade zonen och därför bör påverka grundvattenströmning och föroreningsplymens utbredning marginellt.

Utförandet av alternativ 5 kan göras i två varianter; utan tätspons alternativt med installation av tätspons vid behov.

6.8.1 Utan tätspons

Spridningsriskerna är inte fullständigt utredda då en hydrogeologisk utredning saknas. Framtida påverkan kan inte uteslutas även om pumpning inte utförs inom detta projekt. Det är oklart om de övergripande åtgärds målen kan uppnås på längre sikt.

6.8.2 Med tätspont vid behov

Då det är oklart om de övergripande åtgärdsmålen kan uppnås med alternativ 5, utan byggnation av underjordiskt garage, kan ytterligare åtgärder krävas. Det bedöms dock inte initialt finnas ett åtgärdsbehov och det finns därför möjlighet att avvakta med åtgärder och i ett kontrollprogram följa upp behovet av åtgärder.

Om förhöjda halter skulle upptäckas i kontrollprogram kan en tätspont enligt alternativ 3 installeras i efterhand när byggnaderna är uppförda om utrymme reserveras för detta i detaljplanen.

7 Riskvärdering

7.1 Allmänt

Riskvärdering är normalt sett en process som genomförs för att underlätta för berörda parter att välja den lämpligaste åtgärdsmetoden. I riskvärderingen utgår man från de övergripande åtgärdsmålen, resultat från utförda undersökningar och utredningar, miljö- och hälsoriskbedömningen samt åtgärdsutredningen. I riskvärderingen tolkas resultaten bland annat utifrån måluppfyllelse, tekniska och ekonomiska frågor. Riskvärdering bör utföras i nära samråd mellan huvudman, tillsynsmyndighet och andra berörda. I detta fall har projektet haft en viss tidspress och det har inte funnits utrymme för samråd och samverkan i den omfattningen. Urval och diskussion baseras därför på konsultens arbete som har stämts av med beställarens representanter.

I riskvärderingen sker en avvägning mellan de olika åtgärdsalternativens totala miljömässiga konsekvenser, tekniska risker och kostnader. Riskvärderingen utgör på detta sätt ett underlag för den skälighetsavvägning som ska ske enligt miljöbalken.

7.2 Urvalskriterier

I åtgärdsutredningen har följande frågor utvärderats för att bedöma genomförbarheten:

- Övergripande åtgärds mål
- Teknisk genomförbarhet
- Uppnådda mål, d v s om åtgärdsalternativet ger acceptabla resultat vad avser föroreningsmängder, föroreningshalter, exponering, volymer
- Åtgärdens kostnad för projektering, genomförande samt uppföljning och dokumentation
- Risker under och efter genomförandet
- Störningar vid genomförandet

Denna information från åtgärdsutredningen ligger till grund för utvärderingen av åtgärdsalternativen i riskvärderingen.

Åtgärds mål

- Människor ska kunna bo och vistas på aktuellt detaljplaneområde utan att utsättas för oacceptabla hälsorisker nu och i framtiden.
- Markmiljön på platsen ska medge normal användning av bostadsmark.
- Förhindra att ökad spridning sker till Svartån på grund av planerad exploatering.

Miljömål

- Giffri miljö
- God bebyggd miljö
- Levande sjöar och vattendrag
- Frisk luft
- Begränsad klimatpåverkan

Ekonomi

- Genomförandekostnad
- Driftkostnad

Genomförande

- Arbetsmiljö- och miljörisker vid genomförande
- Risker för omgivande mark, närboende (lång och kort sikt)

Långsiktighet

- Risken för återkontaminering från kringliggande mark
- Reduktion av föroreningsmängd
- Åtgärden är av engångskaraktär

7.3 Utförande riskvärdering

Varje åtgärdsalternativ har värderats i förhållande till varandra. Värderingen har skett både kvalitativt och kvantitativt. Värderingen redovisas i bilaga 6.

Urvalskriterier och den bedömning som skett både övergripande och på parameternivå är en kvalitativ bedömning.

I den viktade bedömningen görs som en kvantitativ bedömning. Det åtgärdsalternativ som bedömts bäst i varje kategori har fått 4 poäng och det som bedömts sämst 1. Vissa åtgärdsalternativ har värderats lika högt respektive lågt vilket innebär att de har fått samma poäng.

De olika utvärderingskategorierna har sedan viktats utifrån bedömd betydelse för projektet. I det här fallet har det bedömts att uppfyllande av åtgärdsåtgärder är viktigast och i fallande ordning ekonomi och genomförandet tekniskt och åtgärdens påverkan på omgivningen samt risker för arbetsmiljön. Långsiktigheten i åtgärderna har värderats näst lägst och i detta projekt har uppfyllande av de nationella miljömålen värderats minst då den planerade omställningen med nybyggnad av bostäder bedöms ha större betydelse för miljömålen än själva markföroreningssituationen. Resultatet läggs upp i en matris och den samlade bedömningen presenteras som en siffra. Det alternativ med högst siffra bedöms som det mest fördelaktiga alternativet för det här projektet.

7.4 Resultat riskvärdering

Den kvantitativa bedömningen visar att

Åtgärdsalternativ	Samlad kvalitativ bedömning	Samlad kvantitativ bedömning
Nollalternativ Inga åtgärder vidtas	Nollalternativet innebär minst risker men ingen massreduktion. Den massredukt-	4 (55 p)

	ion som bedöms uppnås med övriga alternativ är dock försumbar i förhållande till hela föroreningsskadan.	
Alternativ 1 – MIN Radonsäkert byggande	Radonsäkert byggande är en beprövad metod som uppnår god riskreduktion under den tekniska livslängden. Åtgärden är kostnadseffektiv att utföra i byggfasen. Då stor osäkerhet finns i framtiden med inandning av ånga, är åtgärden motiverad. <u>Åtgärden planeras i kombination med resterande alternativ (2-5)</u>	3 (63 p)
Alternativ 2a – Spont runt garage med länsumpning innanför spont	Spont för uppförande av underjordiskt garage behövs vid uppförande av garaget. Att lämna den på plats och göra den mer permanent är motiverat ur risksynpunkt. Kostnaden för sponten är dock relativt hög och tätheten kan inte garanteras. Skyddar bara aktuellt garage och inte hela området. Innebär spridningsrisk av förorening och exponeringsrisk vid genomförande.	7 (43 p)
Alternativ 2b – Spont runt garage med länsumpning innanför spont och skyddspumpning utanför	Som alternativ 2 a men minskad arbetsmiljörisk vid genomförande och ingen/mycket liten ökad spridningsrisk.	2 (67 p)
Alternativ 3 – Spont i fastighetsgräns	Spont i fastighetsgräns innebär en extra entreprenad och kostnad utöver anläggningssponten då läget är olika. Mindre risk för spridning av föroreningssplymen än alt 2a men kostnaden något högre. Skyddar hela detaljplaneområdet, men är eventuellt ett sämre alternativ för omgivningen om plymen styrs till omgivande fastigheter. Tätheten kan inte garanteras.	5 (47 p)
Alternativ 4 – MAX Injektering med BOS100®	Osäkert om åtgärden är tekniskt möjlig att genomföra. Ett dyrt alternativ om effekt inte kan uppnås. Eventuellt ej av engångskaraktär då barriärmaterialet kan mättas och då måste bytas ut. Innebär också en separat entreprenad som inte blir lika resurseffektiv. Innebär dock massreduktion, som dock är svår att kalkylera.	6 (45 p)
Alternativ 5a – Utan underjordiskt garage	Alternativet innebär minst påverkan på föroreningssituationen vid genomförande av planen. Åtgärds målen kan eventuellt inte uppfyllas på sikt. Kräver kontroll.	1 (69 p)

<p>Alternativ 5b – Utan underjordiskt garage och tätspont vid behov</p>	<p>Som alternativ 5a men med möjlighet att skydda detaljplaneområdet om behov föreligger på sikt. I det fallet uppkommer en extra entreprenad. Sponten är då eventuellt ett sämre alternativ för omgivningen som alternativ 3 om plymen styrs till omgivande fastigheter. Tätheten kan inte garanteras.</p>	<p>2 (67 p)</p>
--	---	---------------------

8 Slutsats och diskussion

Åtgärdsalternativ 5a utan byggnation av underjordiskt garage och utan pumpning av grundvatten innebär minst påverkan på dagens förhållanden och framstår i riskvärderingen som det bästa alternativet. Detta förutsätter dock kombination med radonsäkert byggande (alternativ 1). Det är dock oklart om de övergripande åtgärdsmålen kan uppnås på sikt och alternativ 5b med möjlighet att installera spont i fastighetsgräns om behov uppstår får endast 2 poäng mindre i utvärdering och bör ses som ett likvärdigt om inte bättre alternativ då åtgärdsmålen ändå bedöms uppnås. Även alternativ 2b som innebär spont runt garaget men skyddspumpning vid genomförandeskedet hamnar på samma poäng som alternativ 5b och detta alternativ kan också övervägas. Dock är det oklart även för alternativ 2b om åtgärdsmålen uppnås på sikt.

Åtgärdsalternativ 1 med radonsäkert byggande som ensam åtgärd rankas också relativt högt i värderingen. Det är en skyddsåtgärd som inte innebär så stora merkostnader i anläggningsskedet jämfört med om det ska installeras i efterhand. Det motiverar utförandet oavsett vilket alternativ som väljs. I utvärdering av övriga alternativ har därför radonsäkert utförande på byggnader varit en förutsättning.

Åtgärdsalternativ 4 har en känslighet för bland annat hydrogeologiska parametrar som gör att kontroll krävs för att säkerställa att förorenat grundvatten kommer i kontakt med den reaktiva barriären som skapats. Det är osäkert om avståndet från fastighetsgräns, där injektionsbrunnar troligtvis skulle placeras, till garagets södra vägg ger tillräckligt med kontaktyta och tid för att metoden skall vara effektiv i att fånga och bryta ned förorening. Med anledning av detta är det troligt att optimal funktion hos den reaktiva BOS100 barriären skulle gynnas av att garagets placering ändrades. Metoden är också ny vilket innebär en begränsad erfarenhet finns gällande bl.a. långsiktig beständighet. Åtgärdsalternativet bedöms dock, under förutsättning att projektering visar det vara en möjlig åtgärd på platsen, kunna uppfylla de övergripande åtgärdsmålen.

Sammantaget innebär det att åtgärdsalternativ 3 i kombination med alternativ 1, tät stålspont/barriär för avledande av föroreningsplymen och radonsäkert byggande och alternativ 5b med installation av sponten vid behov med säkerhet bedöms uppnå åtgärdsmålen. Kostnaden för den åtgärden bedöms bli ca 5,6 MSEK för spont och 200 kr/m² i merkostnad för konstruktion av bottenplattor på husen. För alternativ 5b tillkommer kostnaden för sponten endast vid behov.

Övriga alternativ bedöms vara billigare alternativ, förutom alternativ 4 med reaktiv barriär. Det krävs dock ytterligare hydrogeologisk utredning för att visa att åtgärdsmålen uppnås med dessa alternativ.

9 Rekommenderat åtgärdsalternativ

Riskvärderingen ger högst poäng till alternativ 5a (i kombination med alternativ 1) som innebär detaljplaneändring utan underjordiskt garage och radonsäkert byggande. Alternativet kan sammantaget ses som det bästa alternativet, men då det är oklart om åtgärdsmålen uppfylls med alternativet rekommenderas dock i första hand alternativ 5b (i kombination med alternativ 1) som bedöms uppfylla åtgärdsmålen och har snarlik värdering. Alternativ 5b + 1 innebär detaljplaneändring utan underjordiskt garage och installation av spont vid behov samt radonsäkert byggande.

Avskärmning mot föroreningsplymen minimerar de negativa miljöeffekterna av grundvattenpumpningen och åtgärden bedöms inte påverka förutsättningar för markmiljön på platsen eller spridning till Svartån samtidigt som radonsäkert utförande utesluter negativa hälsoeffekter för boende i framtiden från föroreningar i grundvattnet.

10 Referenser

Golder Associates AB (2009): Berendsen Örebro, PM-17 (Delrapport 17): Kontrollprovtagning av grundvatten vid Berendsens anläggning på Idrottsvägen 34 i Örebro. Daterad 2009-02-24.

Golder Associates AB (2012): Tjänstemannen 2, Örebro – Problembeskrivning/Riskbedömning, reviderad juni 2012.

NATURVÅRDSVERKET (2002): Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Metodik för inventering av förorenade områden. NV rapport 4918, Stockholm.

NATURVÅRDSVERKET (2007): Hållbar sanering – Klorerade lösningsmedel. NV rapport 5663, Stockholm.

NATURVÅRDSVERKET (2009a): Riktvärden för förorenad mark. NV rapport 5976, Stockholm. Inklusivt reviderade bilagor 1-4, juni 2016.

NATURVÅRDSVERKET (2009b): Riskbedömning av förorenade områden. NV rapport 5977, Stockholm.

Svenska Geotekniska Föreningen (2013): Fälthandbok – Undersökning av förorenade områden. Rapport 2:2013, Göteborg.

Structor Miljöteknik AB (2015): Örnsro IP - Rapport översiktlig miljöteknisk markundersökning. Daterad 2015-06-24.

Structor Miljöteknik AB (2015): Örnsro IP – Resultatrapport kompletterande miljöteknisk markundersökning. Daterad 2017-07-04, rev. 2017-09-14.

Structor Miljöteknik AB (2016): Nithammaren 8 m.fl.,- Miljöteknisk markundersökning och åtgärdsutredning av klorerade alifater. Daterad 2016-11-11.

WHO (2005): Guidelines for drinking water enligt www.who.int/en/

Webbaserade referenser:

Åtgärdsportalen, SGF Hämtat 2017-09-04 samt 2018-05-02 <http://atgardsportalen.se/metoder/in-situ/kemisk-reduktion-in-situ-iscr/kemisk-red-fordj>

Remediation Products Inc, Hämtat 2017-09-13 , <http://www.trapandtreat.com/products/bos-100/>

Renare Mark & ÅF konsult, Hämtat 2017-09-20 , www.renaremark.se/filarkiv/konferens/2013/Varmote2013/.../B_5_J_Andersson.pdf

Muntliga referenser:

Claes Gillerström: Senior ingenjör, Structor Örebro AB. Ang radonsäkert utförande,

Eric Wadstein: Entreprenadchef, Geoserve. Ang BOS100®injektion, 2017-09-12

Bil 1 Örnstro IP - Riskbedömning avseende klore- rade lösningsmedel och klorfenoler

Bil 2 Örnstro IP - Resultatrapport kompletterande miljöteknisk markundersökning

Bil 3 Spontplacering Åtgärdsförslag 3

Bil 4 Spontplacering Åtgärdsförslag 4

Bil 5 VAP, Örnsro IP Tätskärm

Bil 6 Riskvärdering