

**Projektnamn**

Västlänken och Olskroken planskildhet

**Dokumenttyp**

PM

**Ärendenummer**

2014/98935

**Skapad av**

Kristoffer Lindö

**Filnamn**

MPU02-00-025-00-0270

**Godkänt av**

Kerstin Larsson

**Godkänt datum**

2016-06-27

**Version**

—

**Prefix**

MPU02

**Dokumenttitel****PM Klorerade lösningsmedel**

## Innehåll

<b>PM Klorerade lösningsmedel .....</b>	<b>3</b>
<b>Inledning .....</b>	<b>3</b>
<b>Klorerade lösningsmedel – allmän beskrivning .....</b>	<b>3</b>
Nedbrytning .....	5
Toxicitet .....	5
<b>Åtgärder för spridningsminimering .....</b>	<b>6</b>
<b>Referenser .....</b>	<b>6</b>
<b>Ändringslogg .....</b>	<b>7</b>

## PM Klorerade lösningsmedel

Länsstyrelsen har ställt följande fråga/kompletteringsbegäran:

*Risken för spridning av klorerade klorväten: Tyngre än vatten, har varierande löslighet och sprids även till luft – hur kommer risken för spridning att minimeras?*

### Inledning

På ett fåtal platser som tunneln passerar skulle det kunna finnas områden som sedan tidigare är förorenade med klorerade kolväten och som skulle kunna spridas till följd av grundvattenförändringar.

Indelningen i detta PM ger först en allmän översikt av klorerade deras egenskaper och hur de allmänt uppträder. Den andra delen syftar till att svara på frågan hur eventuell spridning kommer att minimeras.

Genom föreslagna åtgärder bedöms risken för spridning av klorerade kolväten som minimal och en potentiell spridning blir mycket begränsad.

### Klorerade lösningsmedel – allmän beskrivning

TCE och övriga klorerade alifater (benämns även klorerade etener) är s.k. DNAPL (Dense Non-Aqueous Phase Liquids) som i vätskeform är tyngre än vatten. De är svårlösta i vatten, har låg viskositet (<1 mPa·s), stor inträngningsförmåga och effektiva fettupplösande egenskaper. PCE, TCE, cis-DCE och vinylklorid är även flyktiga vilket innebär att de kan lösa sig i grundvatten respektive förångas<sup>1</sup> (och spridas med luft). De binder inte särskilt starkt till jordpartiklar eller till sediment<sup>2</sup> (relativt låga K<sub>d</sub>-värden). Dessa kemiska och fysikaliska egenskaper medför att klorerade etener kan förekomma under lång tid i markmiljö i egen fas.

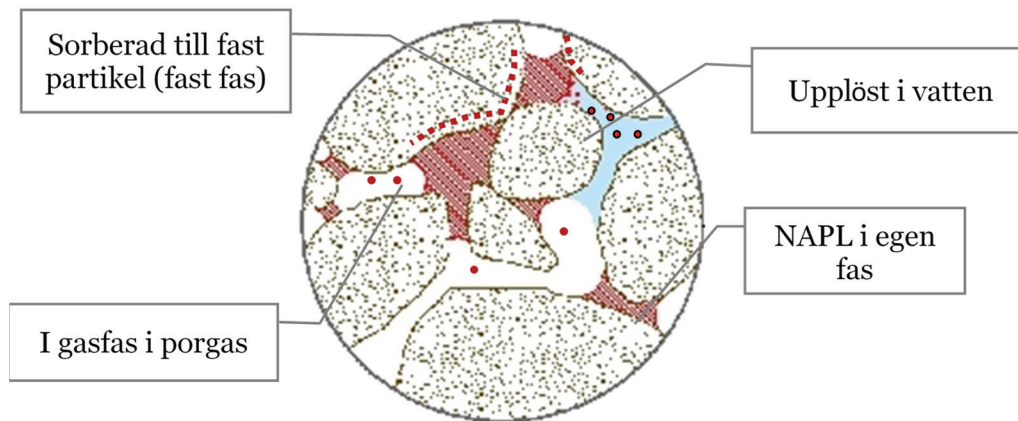
Flyktiga organiska föreningar såsom klorerade lösningsmedel förekommer i följande fyra faser i marken:

- **Gasfas:** som gas/ånga i porgasen
- **Fast fas:** sorberad till fast material såsom jordpartiklar eller framförallt organiskt material. Föroreningshalten i jorden är då lägre än ämnets mättnadskoncentration i jord.
- **Upplöst/Vatten fas:** upplöst i por- eller grundvatten, vilket innebär att föroreningshalten i vattnet är lägre än ämnets mättnadskoncentration i vatten (ca 150 mg/l för PCE).
- **Egen/fri fas:** ämnet förekommer i vätskeform utan inblandning i vatten, t ex oljeskikt på grundvattenytan. För DNAPL innebär detta att vätskan antingen förekommer i form av s.k. residual eller i större potentiellt rörliga ansamlingar. Föroreningshalten i vatten eller jord är vid förekomst av egen fas generellt betydligt högre än ämnets mättnadskoncentration i de bägge medierna.

Hur föroreningen fördelar sig mellan dessa fyra faser beror av jämviktsförhållanden.

<sup>1</sup> Vattenlöslighet<sub>PCE</sub>=150-200 mg/l; Flyktighet<sub>cis-DCE</sub>=200 mm Hg; K<sub>d,PCE</sub>=5,3 l/kg vid 2 % TOC (Källor: NV rapport 5976; US-EPA IRIS, Hazardous Substances DB m fl.)

<sup>2</sup> T.ex. K<sub>oc,PCE</sub>=115 l/kg. K<sub>oc,TCE</sub>=263 l/kg. (NV 5976) K<sub>oc</sub> – koefficienten för ett ämnes fördelning mellan organiskt kol i jord/sediment och vatten. Ämnen som har höga K<sub>oc</sub> (> 1000) indikerar potential att binda starkt till sediment/jord, medan ämnen med låga K<sub>oc</sub> (< 500) binder dåligt till sediment/jord och påträffas generellt främst löst i vatten.



Föroreningen är potentiellt mobil då andelen DNAPL i porerna är så hög att den i egen fas kan bilda kontinuerliga vätskekroppar mellan flera porer samtidigt (fri fas). När den mobila fria fasen dränerats ut ur porerna så kvarlämnas en rest av DNAPL, en s.k. residual. Residualer kvarhålls i form av små droppar eller strängar (ganglier) i marken till följd av kapillära krafter i porvatten eller porgas. Detta innebär att transport av DNAPL i fri fas upphör först när den återstående mängden DNAPL kan kvarhållas med kapillära krafter (som residual) alternativt när DNAPL påträffar ett lågpermeabelt skikt (t.ex. tät lera eller sprickfritt urberg), varvid mer eller mindre större ansamlingar av vätskan bildas, som kan spridas lateralt beroende på lagrets lutning. Detta gör att det i jordformationer med tätare skikt ofta sker en relativt omfattande spridning av klorerade alifater horisontellt ovanpå dessa skikt, t.ex. via ledningsgravar, innan föroreningen hittar en öppning ner till djupare liggande skikt. DNAPLs egenskaper gör att stora delar av källområdet kan befinna sig under grundvattenytan, vilket är en av anledningarna till att DNAPL jämfört med många andra ämnen utgör en större risk för omfattande föroreningsplymer. För DNAPL gäller att både residualer och ansamlingar förekommer mycket heterogent i marken, t.ex. i mycket tunna skikt inom procentuellt mycket små delar i en matris. Det är således ovanligt att stora ansamlingar av DNAPL påträffas ovan lågpermeabla skikt vid markundersökningar.

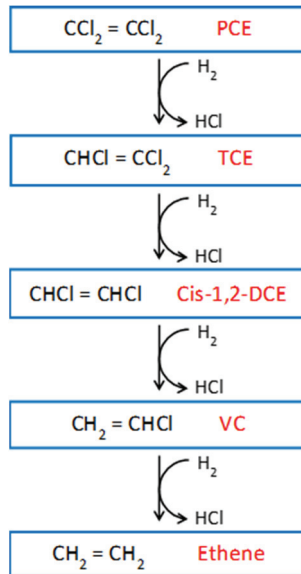
Även om spridning av klorerade alifater i egen fas hindras av lågpermeabla skikt, så fortsätter spridningen ner/in i detta skikt via diffusion. Denna spridning går dock mycket långsamt. Forskning har visat att sådana förorenade lågpermeabla zoner kan leda till mycket ihållande föroreningsbelastning till både grundvatten och porgas, då denna belastning pågår lika lång tid som det tagit ämnet att diffundera in i den lågpermeabla zonen.

Den mobila fria fasen når mycket snart (inom ett fåtal år) ett jämviktsläge i jorden och upphör att sprida sig i fri fas, såvida inte marksystemet påverkas genom penetrering etc. DNAPL i residual form är relativt immobil i jordmatrisen och kan exempelvis inte rinna ner i ett grundvattenrör som installerats genom ett jordlager med förekomst av residual fas. För att DNAPL i residual fas skall bli rörlig krävs stark yttre påverkan; så som kraftigt förhöjda temperaturer, högt tryck eller vakuumbildning. Däremot kan all förekomst av förorening i egen fas, både ansamlingar och residual, potentiellt medföra en kontinuerlig belastning av förorening till det grund-/porvatten eller den porgas som passerar genom källområdet.

## Nedbrytning

Nedbrytning av klorerade alifater bestäms bland annat av syreförhållandena i grundvattnet och förekomsten av mikroorganismer. Naturlig nedbrytning kan ske biotiskt (med hjälp av mikroorganismer) genom oxidation eller reduktion, men också abiotiskt (utan närvaro av mikroorganismer).

PCE och TCE i mark bryts ner mycket långsamt, eller inte alls, vid syrerika (aeroba) förhållanden. Istället bryts de främst ner biologiskt under syrefattiga (anaeroba) förhållanden genom reaktiv deklorering. PCE och TCE dekloreras stegvis genom utbyte av en kloratom åt gången, enligt nedan. Detta gör att samtliga klorerade alifater (PCE, TCE, DCE och VC) kan förekomma om förhållandena är gynnsamma för nedbrytning.



Erfarenhetsmässigt anses det att nedbrytningshastigheten minskar ju färre kloratomerna är, dvs. nedbrytningen av PCE (fyra kloratomer) till TCE (tre kloratomer) går relativt snabbt medan DCE (två kloratomer) dekloreras långsammare.

Cis-DCE kan brytas ned genom reaktiv deklorering vid anaeroba förhållanden vid tillräckligt reducerande förhållanden och om rätt sorts bakterier finns, men kan även brytas ned vid aeroba förhållanden. VC bryts ner främst vid aeroba förhållanden till koldioxid, vatten och klorid, men kan även brytas ned genom reaktiv deklorering vid anaeroba förhållanden till klorid och eten, såvida förhållandena är tillräckligt reducerande och rätt sorts bakterier finns tillgängliga i marken. Såvida den omättade zonen (aerob miljö) inte är mycket liten är det därför ovanligt att VC återfinns i porgas eller i luft inne i en byggnad. Om VC däremot finns löst i grundvattnet och den omättade zonen mellan byggnaden och grundvattenytan är liten (mindre än ca 1 m) finns det en risk för ånginträngning av VC.

## Toxicitet

De klorerade alifaterna PCE, TCE, DCE och VC är alla skadliga för människor vid långvarig exponering via luft eller livsmedel (t.ex. dricksvatten) och kan ge skador på exempelvis lever och det centrala nervsystemet hos människor. VC och TCE har av EU klassificerats som cancerframkallande (cancerklass 1A resp. 1B, dvs. "kan orsaka cancer" enligt CLP (EUs förordning gällande klassificering och märkning av kemikalier)). PCE har klassificerats som misstänkt cancerogen (cancerklass 2, dvs. "misstänks kunna orsaka cancer"). DCE har ej klassificerats som cancerogen. Klorerade alifater kan även orsaka negativa effekter på ekosystem i ytvatten vid relativt låga halter. Ämnena är dock generellt inte speciellt bioackumulerbara. Både TCE och VC är utfasningsämnen enligt Kemikalieinspektionens PRIO-databas.

## Åtgärder för spridningsminimering

Inom ramen för de kontrollprogram som beskrivs i ansökan finns sk kvarterspärmar. I dessa redovisas olika åtgärder för olika kvarter avseende exempelvis grundvattensänkningar, sättningar mm. Inom dessa kommer de identifierade verksamheterna där klorerade lösningsmedel befaras eller har konstaterats att finnas redovisade.

Den allmänna övervakningen av grundvattenförändringar anses vara en god första indikation på om det finns förutsättningar för en spridning av dessa ämnen till följd av tunnelbyggnationen. Övervakningen som syftar till att hantera grundvattenavsänkningar ger således den första indikationen på att något händer. Om en sådan grundvatten förändring indikeras kommer det, för aktuellt objekt att vara intressant att utreda huruvida detta kan mobilisera en förorening och om den på så sätt skulle kunna spridas vidare.

Då en potentiell förorening under en byggnad redan måste ”finnas på plats” för att kunna spridas, kommer den inte att förändras som ett led i byggnationen av tunneln med mindre än att det sker förändringar i grundvattnets läge och/eller flöde. Det är först om detta sker som en spridning till följd av tunnelbyggnationen kan bli möjlig. Således utgör det kontrollprogram som redovisats för grundvatten ett bra övervakningssteg för att kontrollera en möjlig spridning av klorerade alifater.

Skulle större förändringar i grundvattnet noteras kan det bli aktuellt med provtagning först för att verifiera om det finns en förorening och därefter om det finns potential för spridning av densamma. Det är främst förändringar i den övre akvifären som kan mobilisera föroreningen och störst potentiell påverkan på den övre lokala akvifären finns närmast de öppna schakterna varför övervakningen här är mycket viktig. Den övre akvifären påverkas dock också i stor utsträckning av befintliga strukturer som ledningar och installationer i mark.

En potentiell spridning minskas således genom att undvika stora förändringar i grundvattnets läge eller flöde inom objekt där denna typ av förorening kan finnas.

## Referenser

Hazardous Substances DB, HSDB, Toxnet Toxicology Data Network, US National Library of Medicine, <https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>

Riktvärden för förorenad mark, Modellbeskrivning och vägledning NV rapport 5976, Naturvårdsverket, September 2009 (<http://www.naturvardsverket.se/>)

Kemikalieinspektionens PRIO-databas, <http://www.kemi.se/prio-start/sok-i-prio>

Kunskapsprogrammet Hållbar Sanering (2003-2009) – sammanfattning av kunskapsprogrammet, september 2012, Naturvårdsverket, (<http://www.naturvardsverket.se/>)

US-EPA IRIS, Integrated Risk Information System, <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/atoz.cfm>

## Ändringslogg

Version	Datum	Ändring	Godkänt av