

# Modellering av grundvatten- och spridningsförhållanden vid olika åtgärdsalternativ

## Program

**Rapport EKA 2004:2**

Bengtsfors kommun

**2004-04-01**

**Författad av**

Jan Sundberg, Geo Innova AB<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Geoteknik, geologi och geohydrologi

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</b> .....	<b>2</b>
<b>1. BAKGRUND</b> .....	<b>3</b>
1.1 ALLMÄNT.....	3
1.2 RISKER MED ÅTGÄRDER.....	3
1.2 OSÄKERHETER I UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR.....	4
<b>2. SYFTE</b> .....	<b>5</b>
<b>3. GENOMFÖRANDE</b> .....	<b>5</b>
3.1 METODIK OCH ORGANISATION.....	5
3.2 FÖRSLAG TILL SCENARIER.....	<b>FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.</b>
3.3 RISK- OCH KÄNSLIGHETSANALYS AV PLANERADE ÅTGÄRDER.....	5
3.4 UNDERLAG FÖR PROGNOSES.....	6
3.4.1 Grundvattenförhållanden efter åtgärder.....	6
3.4.2 Utlakningsförhållanden efter åtgärder.....	7
Hur föroreningarna är bundna.....	7
Biogeokemiska förhållanden.....	7
Lakförsök.....	8
3.6 VÄRDERING OCH UPPRÄTTANDE AV PROGNOSES.....	8
3.7 VERIFIERING AV PROGNOSES.....	8
<b>4. RAPPORTERING</b> .....	<b>8</b>
<b>5. TIDPLAN</b> .....	<b>9</b>

## 1. BAKGRUND

### 1.1 ALLMÄNT

EKA-området i Bengtsfors är svårt förorenat av främst kvicksilver, dioxin och perkloretylen (PCE). Ett projekt har startat sommaren 2002 med målet att sanera området. En rad undersökningar har genomförts.

Alternativa åtgärder som har diskuterats påverkar i olika grad grundvattensituationen, biogeo-kemiska förhållanden och risk för utlakning. Slutlig utformning av åtgärder kommer att göras under tiden fram till respektive entreprenadestapp. Föreliggande program beskriver uppföljningen av projektet fram till och med genomförda åtgärder.

Som underlag till programmet har främst följande rapporter använts:

EKA 2002:1. Mark och grundvattenförhållanden vid EKA-området.

EKA 2002:3. Föroreningsspridning från EKA-området.

EKA 2002:4. Åtgärder för att begränsa föroreningsspridningen från EKA-området. Möjligheter och risker.

EKA 2002:5. Lak- och filterförsök. Lakbarhet av jord, sediment och byggnadsmaterial.

EKA 2002:14. Projektrapport 1.

Vid framtagning av programmet har värdefulla synpunkter erhållits inom av projektgruppen.

### 1.2 RISKER MED ÅTGÄRDER

En kombination av åtgärder diskuteras med syfte att minska exponering av människa och spridning av föroreningar till sjön Bengtsbrohöljen. Dessa består sammanfattningsvis av olika kombinationer av olika typer av horisontella och vertikala barriärer, främst med dränerande, tätande och filtrerande funktioner.

Grundtanken med flera av de föreslagna och diskuterade åtgärderna avseende spridning är att minska grundvattenflödet för att på så sätt även minska uttransporten av föroreningar. Vissa risker som är förknippade med åtgärder som påverkar grundvattnets flöde och riktning har identifierats tidigare. Om åtgärden leder till ändrade grundvattenförhållanden så kan grundvattenkemin påverkas. Detta kan leda till att tidigare fastlagda föroreningar frigörs och/eller metyleras. Om lösligheten ökar behöver inte uttransporten av föroreningar bli större än tidigare så länge som ökad löslighet kompenseras av minskat flöde. Skulle lösligheten väsentligt öka kan också uttransporten öka gentemot dagsläget. Förändrad grundvattensammansättning kan också vara gynnsam för fastläggningen av föroreningar.

Exempel på tidigare identifierade risker är följande:

*Ökad halt p.g.a. minskat flöde.* Uppehållstiden för grundvattnet i området kan påverka utlakningen så att ökad kontakttid/uppehållstid ger högre löst halt.

*Ökad löslighet eller toxicitet p.g.a. förändringar i kemiska/biologiska förhållanden.* Minskad grundvattenomsättning och höjning av grundvattenytan leder till förändringar i de kemiska/biologiska förhållandena. T.ex. kan syrehalten minska. Tidigare lakförsök på material från området visar att lösligheten för kvicksilver ökar vid anaeroba förhållanden. Pågående nedbrytning av

PCE indikerar att anaeroba förhållanden redan idag existerar i delar av området. Förekomst av anaeroba förhållanden kan också påverka förhållandet mellan metylering och demetylering, vilket skulle kunna leda till ökande halter av metylkvicksilver. Man kan också tänka sig en minskad utlakning av kvicksilver vid minskad grundvattenomsättning p.g.a. mindre tillgång till styrande ämnen, ex sulfat. Förändringar i grundvattenströmning och dess kemiska sammansättning kan också leda till ökad mobilitet av organiska miljögifter.

*Ökad utlakning p.g.a. samverkans effekter av olika föroreningar.* En rad olika föroreningar förekommer inom området. Primärt dominerar kvicksilver, dioxin och perkloretylen. Om t.ex. höga koncentrationer av perkloretylen i ökad omfattning kommer i kontakt med dioxin kan lösligheten för dioxin öka.

## 1.2 OSÄKERHETER I UTFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

De nuvarande förhållandena på EKA-området har undersökts och beräkningar av grundvattenflöden genom området har utförts utifrån modelleringar, se EKA 2002:1 och EKA 2002:3. Området är heterogent och genomförda undersökningar har därför en rad osäkerheter. Primärt kan följande osäkerheter framhållas, grupperade enligt nedan.

*Grundvattenmängder.* Prognostiserade grundvattenmängder som idag strömmar genom området har relativt stora osäkerheter. Känslighetsanalysen visar nämligen att grundvattennivåerna, som modellen kalibreras mot, är relativt okänsliga för förändring av infiltrationens storlek i modellområdet och därmed flödet. Försöker man dela upp flödet i delkomponenter över olika flödesränder, t.ex. inflöde till området i anslutning till Strömgatan, i anslutningen till kraftverksdammen eller via infiltration, så blir osäkerheterna i de olika delflödena större.

*Grundvattnets strömning och hydrauliska egenskaper på större djup.* Områdets heterogenitet i både horisontal- och vertikalled gör att osäkerheten är stor i grundvattnets strömning i den lokala skalan, både till riktning och till storlek. Markens hydrauliska förhållanden på större djup finns endast bestämd i enstaka punkter. Därmed finns det finnas brister i tätande barriärers effektivitet mot Bengtsbrohöljen.

*Hur föroreningssituationen ser ut på större djup.* Informationen är begränsad avseende föroreningarnas avgränsning och fördelning på större djup. Detta kan påverka utlakningssituationen vid förändrade grundvattenförhållanden och eventuell uppgrävning av förorenade massor.

*Hur föroreningarna är bundna.* Bindningsform påverkar hur en förorening kan förväntas reagera på förändrade förhållanden. T.ex. kan kvicksilver förväntas vara bundet på olika sätt under den gamla fabriksbyggnaden och i det avfall som producerats och använts för utfyllnad. I vilken form föroreningarna föreligger är inte närmare analyserat, även om de tidigare utförda sekventiella lakningarna ger indikationer härom.

*Biogeokemiska förhållanden.* De biogeokemiska förhållandena kan i stor utsträckning påverka utlakningen av föroreningar liksom nedbrytningen av organiskt material och organiska föroreningar. De biogeokemiska förhållandena inom EKA-området är undersökta endast i begränsad omfattning. Allmänkemiska parametrar är analyserade men inte fullständigt utvärderade. Syre är mätt i begränsad omfattning och löst organiskt kol (DOC) är inte mätt överhuvudtaget.

## **2. SYFTE**

Det övergripande syftet är att stödja processen av val av åtgärdsomfattning/alternativ.

Delsyften är att:

- prognostisera effekterna av en åtgärd och efterhand verifiera prognosen genom det stegvisa genomförandet av entreprenaderna
- visualisera grundvattenförhållandena vid olika åtgärder för att öka förståelsen
- belysa identifierade risker vid genomförande av åtgärdsalternativ och bedöma storleksordningen på dessa risker.
- Löpande utvärdera resultat
- Ta fram dimensionerande data för efterföljande etapper

## **3. GENOMFÖRANDE**

### **3.1 METODIK OCH ORGANISATION**

Arbetet genomförs stegvis och i nära samarbete med projektgruppen och anlitate projektstöd. Det stegvisa genomförandet kan medföra att programmet efterhand revideras eller att nya moment tillkommer. Bl.a. gäller detta den inledande riskidentifieringen. Uppföljningen diskuteras och utvärderas löpande i projektet och kan på så sätt implementeras i projektets arbete. Det föreslagna genomförandet av entreprenaden i deletapper möjliggör ett sådant förfarande. I bilaga 1 redovisas ett förslag till processbeskrivning för arbetet.

### **3.2 RISK- OCH KÄNSLIGHETSANALYS AV PLANERADE ÅTGÄRDER**

En riskanalys finns tidigare genomförd i projektet med syfte att underbygga en miljö- och hälso-riskbedömning vilket är ett annorlunda perspektiv än vad som krävs för att detaljutforma åtgärder. Inför slutlig detaljutformning av åtgärder behöver denna fördjupas för att bättre analysera framtida förhållanden. En riskidentifiering görs därför i uppföljningens inledning och kan leda till förändringar i programmet. Efterhand förfinas riskanalysen i en iterativ process tillsammans med värdering nedan.

Genom analysen bör riskerna kunna struktureras och tydliggöras. Riskanalysen kan också bidra till att nå koncensus i projektgruppen och för att förankra förslag till åtgärder i projektets styrgrupp. Som ett led i riskanalysen görs en känslighetsanalys av olika styrande parametrar för att försöka kvantifiera riskerna.

### 3.3 UNDERLAG FÖR PROGNOSEN

#### 3.3.1 Grundvattenförhållanden efter åtgärder

Den genomförda grundvattenmodelleringen utfördes i viss mån parallellt med undersökningarna i projektet vilket ledde till att fullständiga data inte fanns att tillgå som underlag. Inledningsvis förfinas därför den upprättade grundvattenmodellen.

Den utförda intermittenta höjningen av Bengtsbrohöljen som genomfördes i juni förra året bör kunna utnyttjas för att förbättra underlaget både avseende flöde och magasin-koefficient i olika profiler. Detta kan genomföras mha den tvådimensionella transienta modell som tidigare använts för att undersöka inträngningsdjup av sjövattnet i markområdet vid nivåvariationer i sjön.

*Grundvattenmängder.* Som nämnts tidigare medför områdets läge i direkt anslutning till Bengtsbrohöljen att osäkerheterna i modellens flöden genom området är relativt stora. Detta medför att förbättring av dataunderlaget genom ytterligare omfattande bestämningar av materialegenskaper i detta heterogena område inte skulle tillföra så mycket, undantaget området vid kraftverksdammen. Avgörande är istället områdets totala vattenbalans varvid infiltrationen i området ovan Strömgatan och flödet över undersökningsområdets rand vid Strömgatan får ansenlig betydelse. Fördjupade analyser av flödesutbytet med sjön i olika delområden är också väsentliga för att bättre kvantifiera detta bidrag vid en reduktion av flödet från landområdet. För att förbättra underlaget för prognosen av flödet över områdets rand mot Strömgatan kan befintliga ledningars dränerande funktion samt grundvattennivåer komma att undersökas. Primärt används emellertid resultaten från mätningar i samband med delentreprenader, som t.ex. medför möjligheter att kontrollera utströmmande vatten genom flödesmätning av pumpad mängd bakom spont. Möjlighet finns också att dela av spalten så att separat flöde från EKA-tomten kan mätas upp.

*Grundvattnets strömning och hydrauliska egenskaper på större djup.* En ansenlig del av flödet sker p.g.a. den nivåskillnad som finns mellan kraftverksdammen och Bengtsbrohöljen. Vår kunskap är emellertid begränsad avseende hur vattnet strömmar i detta område, vilket har betydelse för hur delflödet värderas (smiter huvudparten av flödet förbi dammen med korta strömningsbanor, eller leds vatten in i området med längre strömningsbanor och större betydelse för utlakningsförloppet som följd). Moränens egenskaper på större djup skall bestämmas i några punkter. Detta genomförs i så fall förslagsvis genom att hydraultester utförs i brunnar eller BAT-spetsar som installeras i den djupare liggande moränen. Detta moment skall inledas omgående.

Spårämnesförsök och/eller infiltrationsförsök kan i väsentlig grad minska osäkerheterna i grundvattenmodelleringen. Speciellt spårämnesförsök kan emellertid vara svåra att genomföra och utvärdera, i det aktuella området. Nyttjande av spårämnena för att värdera inströmning och strömningsbanor för vatten från kraftverksdammen är en avgränsad del som har relativt goda möjligheter att vara framgångsrik. Infiltrationsförsök kan göras i några representativa delområden för att bättre kvantifiera infiltrerade mängder. Genom den stegvisa entreprenaden finns emellertid kontrollstationer och goda mätmöjligheter av totalflöden varför värdet av att genomföra kompletterande undersökningar kan diskuteras. Motiven till att de ska genomföras kan vara att man vill särskilja effekterna av delflöden (t.ex. från uppströms liggande områden och från kraftverksdammen) och kanske bättre kunna kontrollera effekten av utförda åtgärder. Vattnet från olika områden kommer sannolikt också ha olikheter avseende geokemi. Förslagsvis görs inga kompletterande undersökningar innan första delentreprenaden genomförts och resultaten från denna stämts av mot prognos och värderats.

Inledningsvis uppdateras befintlig grundvattenmodell med nya och reviderade data enligt ovan. Modellen förfinas också med avseende på elementnät. Genom grundvattenmodellering kan grundvattenförhållanden för olika åtgärdsalternativ prognostiseras och visualiseras. Som grund används den tidigare framtagna grundvattenmodellen. Scenarier enligt ovan analyseras.

### 3.3.2 *Utlakningsförhållanden efter åtgärder*

#### *Hur föroreningarna är bundna*

För att kunna koppla grundvattenmodelleringen till en förväntad grundvattenkvalitet är det väsentligt att öka kunskapen om hur föroreningarna är bundna i marken.

Kvicksilvrets bindning till mark bör studeras i delområden där olika bindningstyper (t.ex. metalliskt kvicksilver, kvicksilver bundet till organiskt material) kan förväntas. Som utgångspunkt används befintliga sekventiella lakningar men eventuellt kan även mer direkta metoder att bestämma mineralsammansättning användas. Material (befintligt eller från planerade provgropar) kan komma att samlas in för karakterisering. Då kvicksilvrets rörlighet i området tidigare har visat sig öka markant under anaeroba förhållanden bör särskild vikt läggas vid att identifiera bakomliggande mekanismer. Detta omfattar sannolikt både hur kvicksilvret ursprungligen är bundet till marken och den aktuella biogeokemin hos grundvattnet. Vid behov finns möjlighet till kompletterade analyser av tidigare upptagna prover. I tillämpliga delar kan motsvarande göras för dioxin.

#### *Biogeokemiska förhållanden*

På EKA-området förekommer stora mängder organiskt material i fyllningen i form av bark och sågspån. Denna organiska fyllning finns i ett stråk nära EKA-udden intill den kvicksilverförorenade fyllningen. Det innebär att det finns förutsättning för syreförbrukning i marken. Förutsättningarna för nedbrytning av organiskt material på EKA-tomten kan undersökas genom att studera elektronacceptorernas förekomst i grundvatten i området. Skillnaden mellan uppströms och nedströms förekommande halter av elektronacceptorernas kan visa på vilken nedbrytning som pågår i området. Elektronacceptorer utgörs främst av syre, nitrat, järn(III) och sulfat. Dessutom är det av intresse att undersöka förekomsten av svavel, metan och vätegas i marken. Sulfat och dess relation till svavel kan vara en av flera styrande faktorer för kvicksilvers frigörande liksom innehållet av sulfid. Genom att se på alkalinitetens förändringar över området kan även nedbrytning grovt uppskattas. Alkaliniteten kan dock också påverkas av fyllnadsmassornas innehåll. En del av dessa ämnen har tidigare undersökts vid provtagningar av grundvatten. Dock skulle åtminstone en provtagningsomgång med avseende på elektronacceptorer behöva genomföras för att kunna uppskatta nedbrytnings- och utlakningsförutsättningarna i området och värdera innehållet i inkommande grundvatten till området.

Grundvattnets innehåll av kemiska huvudkomponenter har tidigare analyserats. Syre har analyserats i samband med några provpumpningar. Detta befintliga underlag för olika delområden och delflöden sammanställs och värderas. För att göra kvalitativa provtagningar av grundvattnets nuvarande biogeokemi kan nya provtagningspunkter behöva upprättas, t.ex. BAT-spetsar som installeras på olika nivåer i en profil (uppströms-nedströms) genom EKA-tomten. BAT-systemet bedöms möjliggöra provtagningar med bl.a. bibehållna syreförhållanden.

Kritiska förhållanden och parametrar inom området bedöms utifrån befintliga mätdata, tillkommande mätningar och tidigare provtagningar av PCE. Prognostisering av framtida förhållanden görs utgående från uppmätta förhållande och prognostiserade flöden.

Komplettering av provtagning av enligt ovan i befintliga rör görs i anslutning till kontrollprogrammet. Eventuell komplettering av provtagning av föreningar görs på motsvarande sätt i anslutning till kontrollprogrammet.

#### *Lakförsök*

Genom lakförsöken kan effekten av olika förhållanden simuleras. Lakförsök beskrivs i ett separat program och resultaten kommer att användas för att prognostisera framtida spridning. Det är därför viktigt att lakförsöken samordnas med föreliggande uppföljning.

### **3.4 VÄRDERING OCH UPPRÄTTANDE AV PROGNOSE**

Värdering görs av erhållna resultat med speciell tonvikt på grundvattenförhållanden och lakbarhet vid olika biogeokemiska förhållanden. En prognos utarbetas för framtida förhållanden.

### **3.5 VERIFIERING AV PROGNOSE**

En avstämning av prognosen skall göras i samband med de olika deletapperna av entreprenaden, se tidsplan. Om avvikelser finns mellan prognos och uppmätta värden värderas dessa. Avvikelse kan bero på en brister i prognosen eller brister i effektivitet av utförda åtgärder. Avvikelse kan leda till korrigerande åtgärder.

## **4. RAPPORTERING**

Resultaten redovisas och värderas i en rapport där kompetenserna i projektgruppen utnyttjas. Delrapporter föreslås upprättas efter olika delmoment enligt tidsplan.



## 5. TIDPLAN

Följande tidplan föreslås (se också projektets övergripande tidsplan i Bilaga 2):

Moment	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec
	2004											
Dataunderlag					_____	_____						
Modellering					_____	_____	_____	_____				
Gv kemi					_____	_____	_____	_____				
Risk				_____							_____	
Värdering, prognos									_____	_____		
Delrapport prognos										_____	_____	
Entreprenader												
Spontning mm (entrepr 2)											_____	

Moment	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec
	2005											
Verifiering prognos nuläge (entr 2)	_____											
Ev reviderad prognos			_____									
Risk			_____									
Delrapport verifiering nuläge				_____								
Verifiering av prognos entr 3									_____	_____		
Ev reviderad prognos											_____	
Risk											_____	
Delrapport verifiering entr 3												_____
Entreprenader												
Drändike, tät kraftv.damm (entr 3)					_____	_____	_____	_____				

Moment	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dec
	2006											
Verifiering av prognos entr 4										_____	_____	
Risk											_____	
Delrapport verifiering entr 4												_____
Entreprenader												
Grävning, filter, tät barriär Höljen, horisontell barriär (entr 4)			_____	_____	_____	_____	_____	_____				

Förslag till översiktlig process för projektet. Uppföljningen genomförs således parallellt med projektering och entreprenad.

