

## Kontroll och åtgärder

För att säkerställa att tätskärmen uppfyllde kraven på stabilitet och täthet genomfördes fortlöpande kontroller och tester i samband med utförandet:

- Uppföljning av spontens nedslagningsdjup
- Bedömning av bergnivån utifrån förborring för jetpelare
- Uppföljning av jetpelarnas nivå för dess under- respektive överkant, att de bland annat överlappade spontens underkant
- Jetpelarnas avvikelser i förhållande till lodlinjen kontrollerades med inklinometermätningar
- Kärnborring med tillhörande kontroll av tryckhållfasthet på jetinjekteringen

## Svårigheter och lösningar

Inom del av tätskärmens sträckning påträffades block betydligt högre upp i fyllningen än förutsatt. Därför kunde sponten inte drivas ända ned till berget utan stannade på högre nivåer. Detta medförde att längden på jetpelarna ökade drastiskt och en kontroll krävdes av jetpelarnas borrhingsavvikelse. För att kontrollera borrhingsavvikelsen gjordes inklinometermätningar i cirka 35 pelare. Kravet på borrhingsavvikelse var  $\leq 1,5\%$  från teoretisk lodlinje. Resultaten visade i stor utsträckning att kravet på avvikelse överskreds. Orsaken till detta var den rikliga omfattningen av block inom detta område, vilket senare även verifierades i samband med kärnborring. Med hjälp av resultaten kunde dock glapp i tätskärmen identifieras och kompletteringar med nya jetpelare göras för att täta enbart luckorna i tätskärmen.

## Kärnborring i jetpelare

För att kontrollera tätskärmens homogenitet och hållfasthet utfördes kärnborring i några jetpelare. Eftersom delar av området utgjordes av mycket blockrik fyllningsjord fanns bland annat risk för skugg effekter där block hindrat jetinjekteringsstrålen att tränga ut i jorden samt lägre hållfasthet på jetinjekteringen. Kravet på tryckhållfasthet i jetinjekteringen var  $\geq 8$  MPa. Resultaten från kärnborringen visade dock inga antydningar till skugg effekter och bra anliggnings mellan block och jetinjektering kunde konstateras. Tryckhållfastheten i de prover som testades på laboratorium var också mycket bra och uppgick till mellan 8 och 20 MPa.



## Ekonomi

Projektet har finansierats av Länsstyrelsen samt Stockholms stad via stadens miljömiljard. Den totala kostnaden för projektet blev drygt 22 miljoner kronor där fördelningen av kostnaderna var:

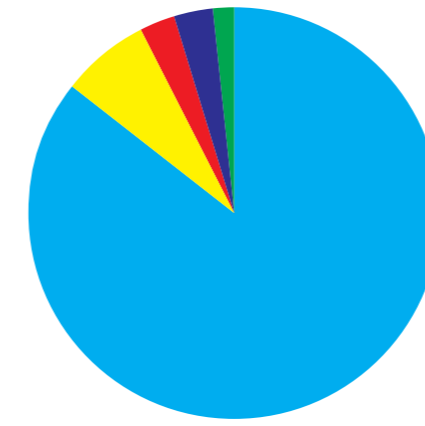
För- och huvudstudie:	650 000 kr
Projektering och upphandling:	1 500 000 kr
Projektledning:	350 000 kr
Miljö- och markkontroll samt tillsyn:	650 000 kr
Entreprenadkostnad:	19 100 000 kr
Summa:	22 250 000 kr

## Finansiering

Länsstyrelsen/Naturvårdsverket:	14 400 000 kr
Markkontoret/Miljömiljarden:	6 000 000 kr
Ansökan om tillägg från Länsstyrelsen:	2 000 000 kr

## Organisation

<i>Beställare:</i> Stockholms stad, Markkontoret	Hans Söderström, tel 08-508 261 23
<i>Huvudfinansiär:</i> Länsstyrelsen i Stockholms län och Naturvårdsverket	Birgitta Swahn, tel 08-785 51 03
<i>Tillsynsmyndighet:</i> Miljöförvaltningen i Stockholms stad	Ann-Christine Johansson, tel 08-508 288 27
<i>Bygglledning och bitr projektledning:</i> Swepro AB	Örjan Ehn, tel. 08-562 003 00
<i>Entreprenör:</i> Skanska Väg och Anläggning	Joakim Gustafsson, tel 08-504 350 00
<i>Underentreprenör, spont med mera:</i> Skanska Grundläggning	Niclas Wennerberg, tel 08-500 738 88
<i>Underentreprenör, jetinjektering:</i> Züblin Scandinavia AB	Pär Land, tel 08-505 330 06
<i>Underentreprenör, vattenrening och deponi:</i> RGS 90	Lars Kristiansen, tel 070-588 01 91
<i>Projektör / miljö- och markkontroll:</i> Golder Associates AB	Maria Sundesten, tel 08-506 306 00



	Projektledning
	För- och huvudstudie
	Miljö- och markkontroll samt tillsyn
	Projektering och upphandling
	Entreprenadkostnad



# Akterspegeln

## Sanering av metallförorenade massor och installation av tätskärm

Bildmaterial: Terrängkarta och flygbild, © Lantmateriverket Gävle 2006. Medgivande i 2006/0590. Övrigt bildmaterial från Skanska och Golder Associates. Form: Golder Associates. © Stockholms stad, Markkontoret 2006.



Under perioden 1876 till 1944 bedrev Stockholms Svavelsyrafabrik verksamhet på det som idag utgör delar av fastigheten Akterspegeln i Gröndal, Stockholm. Vid miljötekniska markundersökningar hittades en utfyllnad med kisbränder inom ett mindre markområde mellan fastigheten Akterspegeln 25 och Mälaren. Kisbränderna härstammar från svavelsyratillverkningen och innehåller höga halter av metaller, framför allt arsenik, bly, koppar och zink. Utfyllnaden har orsakat ett läckage av metaller till Mälaren som innan saneringsåtgärder vidtogs medförde en potentiell risk för människor i närområdet och vattenlevande organismer i Mälaren. Projektet är finansierat dels genom statligt bidrag från Naturvårdsverket via Länsstyrelsen, dels med kommunala medel genom Stockholms stads miljömiljard.

## Vattenrening

Allt vatten som uppkom på området, t ex länsställningsvatten, lakvatten och tvättvatten, samlades upp i brunnar och pumpades till en präm som utgjorde magasin för orenat vatten. Vid vattenreningen pumpades vattnet via en sedimentavskiljare in till reningsverket som bestod av ett sandfilter och två kolfilter. På grund av den cement som injekterats i marken i samband med jetinjekteringen höll länsställningsvattnet ett pH mellan 7 och 10 och behövde därför inte pH-justeras.

### Acceptabla resthalter vatten

Metall	ARH* (mg/l)
Arsenik	1
Bly	0,6
Kadmium	0,04
Koppar	0,1
Krom	0,6
Kvicksilver	0,01
Nickel	0,5
Zink	1

\*) ARH = Acceptabla resthalter



## Avlägsnade metaller

Under saneringen avlägsnades samtliga metallförorenade fyllningsmassor innanför tätskärmen. Saneringen resulterade i att följande mängder tungmetaller schaktades bort:

Metall	Mängd
Arsenik	5 ton
Koppar	21 ton
Bly	23 ton
Zink	14 ton
Kvicksilver	82 kg

# Saneringen

Mellan år 2000 och 2003 utfördes förundersökningar i området vid kv Akterspegeln. Undersökningarna innefattade provtagning av jord och grundvatten, bedömning av platsspecifika miljö- och hälsorisker, översiktlig utredning av tänkbara åtgärdsalternativ samt ansvarsutredning. En påföljande utredning omfattade en fördjupad studie av läckaget av lösta metaller till Mälaren från strandbank och sediment. Undersökningarna resulterade i en åtgärdsplan och ansökan till Länsstyrelsen om finansiering för genomförande av saneringen.

Olika sanerings- och efterbehandlingsalternativ studerades och det enda långsiktigt hållbara alternativet bedömdes vara bortschaktning och deponering. Saneringens målsättning har varit att gräva bort samtliga förorenade massor för att minimera föroreningspridningen till Mälaren samt eliminera negativa hälsoeffekter orsakade av metallföroreningar i fyllnadsmassorna.

Skyddsåtgärderna under åtgärdsfasen har syftat till att undvika spridning av föroreningar, inte skapa olägenheter för boende i området och att personal som genomför åtgärderna inte exponeras för skadliga nivåer av markföroreningar. Skyddsåtgärderna har också bestått av mätning av vibrationer och sättningar.



Det förorenade området hade en area av ca 900 m<sup>2</sup> och den totala volymen massor uppgick till ca 4000 m<sup>3</sup>.

## Arbetarskydd

Vid arbete med de förorenade fyllnadsmassorna användes skyddskläder och andningsskydd med partikelfilter. En saneringsbod fanns i anslutning till inhägnaden av området och fungerade som en rengöringssluss mellan förorenat och rent område.



## Åtgärdsfasen

Det aktuella området sanerades genom urschaktning av förorenade massor ner till berg eller lera. När schaktning utfördes ner till förmodat rent material utfördes provtagning och laboratorieanalyser för att kontrollera att de acceptabla resthalterna av metaller underskreds.

Schaktmassorna sorterades och grovsiktades i görligaste mån på plats för att minska mängden massor att transportera bort. Block och rena fyllnadsmassor återanvändes som fyllningsmaterial.

## Hantering av massor

För att undvika lastbilstransporter genom det trånga Gröndalsområdet transporterades alla schaktmassor sjövägen. Istället angjordes pråmar i Mälaren utanför saneringsområdet för mellanlagring av massor. På så sätt möjliggjordes hantering och lagring av förorenat material. När upplagen på pråmarna fyllts lastades materialet över till det fartyg som transporterade jorden till Langöya i Norge för slutligt omhändertagande.

## Återställning

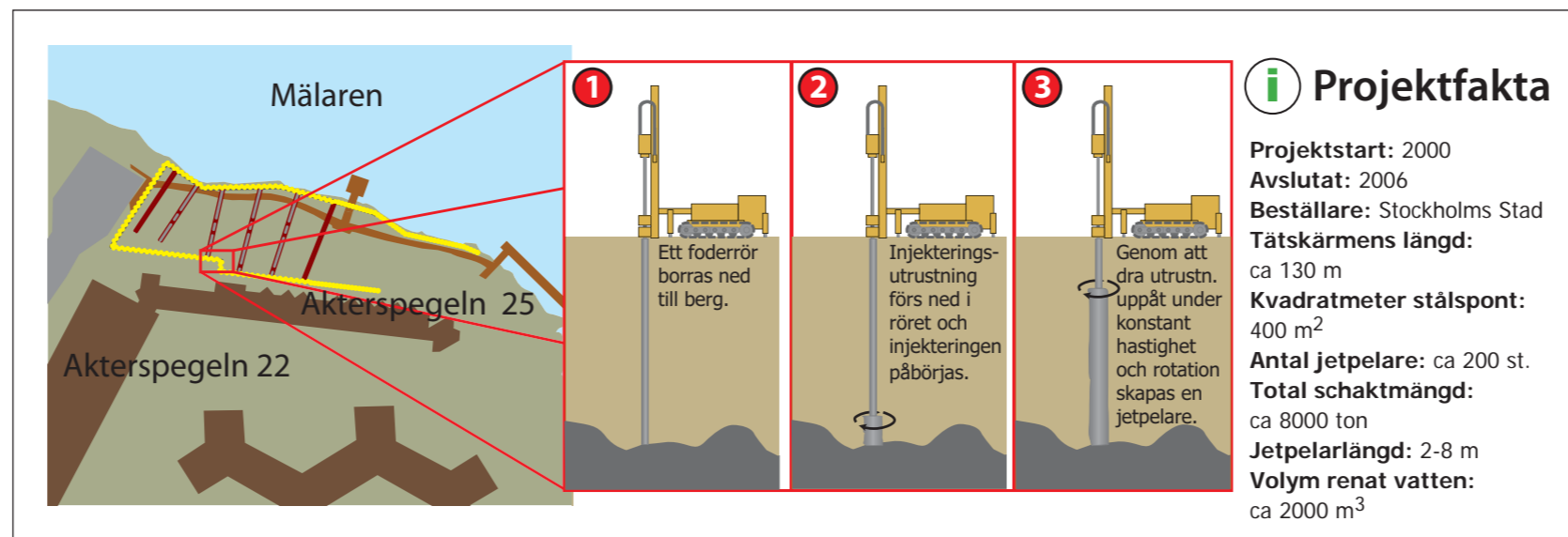
Vid tiden för framtagandet av föreliggande informationsbroschyr har inte återställningen av parken färdigställts. Därför beskrivs hur återställningen av området planeras att utföras. Parken kommer att anläggas med olika sorters träd och buskar i strävan att skapa en diversifierad artrikedom och biologisk mångfald i området. Promenadstråket utmed vattnet får en strandskoning av stenar och i kanten ska perenner planteras för att snabbt få en naturlig strandväxtlighet. En ny brygga kommer att ersätta den gamla.



Präm för upplag av förorenade massor före omlastning till fartyg och transport till Langöya.



Parkens utseende före påbörjad sanering.



# Tätskärmen

För att möjliggöra urschaktning av förorenade massor krävdes en temporär stödkonstruktion kring schaktgropen. Eftersom delar av fyllningsjorden visat sig innehålla mycket block förutsågs svårigheter att driva sponten ända ned till berg och då schakten till stor del utfördes under grundvattenytan krävdes tätande åtgärder mellan spontens underkant och berget. För att åstadkomma en tät stödkonstruktion konstruerades en tätskärm som utgjordes av en stålspont i kombination med jetpelare. Skärmen tätar mot att vatten från Mälaren ska tränga in i schakten och därmed är en avsänkning av grundvattenytan inom gropen möjlig genom länsställning.

## Så byggdes tätskärmen

Stålspont installerades runt saneringsområdet där bergytan låg mer än tre meter under markytan. I dessa delar utfördes tätskärmen som en kombinerad stålspont och förstärkt jetpelarvägg mellan underkant spont och berget. Där bergytan låg mindre än tre meter under markytan samt under grundvattenytan utfördes tätskärmen som enbart en förstärkt jetpelarvägg, utan stålspont. Stålsponten vibrerades ned till berg, i den mån det var möjligt, för att minimera omfattningen av jetinjektering. I de blockrika områdena gick dock inte sponten att driva ned till berg på grund av att den stoppade på blocken i fyllningen, cirka 8 m ovanför bergytan.

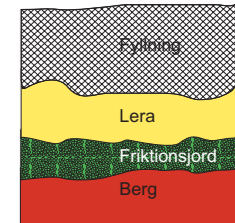


Efter att sponten installerats utfördes förborring och jetinjektering genom de fastsvetsade rören på varje spontplanka. Injektering av jorden med jetpelare utfördes mellan bergets överyta och spontens underkant. Jetpelarna tillverkades med en diameter och ett centrumavstånd så att en kontinuerlig tätskärm av jetinjekterad jord erhöles runt om hela schaktgropen. För att jetpelarväggen skulle kunna samverka med stålsponten krävdes även en förstärkning av jetpelarna. Förstärkningen utgjordes av att ett stålämne som borrades in i jetpelarna. Därmed fungerade tätskärmen dels som en stödkonstruktion, dels som en tätning mot inläckande vatten.

## Geologi och grundvatten

Marken inom saneringsområdet utgjordes i huvudsak av fyllningsjord ovanpå lera och friktionsjord på berg. I områdets östra och västra delar finns berg i dagen och berg med ett tunt jordtäckje. Fyllningen utgjordes av kisbränder och ett varierande innehåll av sand, lera och tegel. Marken innehåller ställvis mycket block.

Grundvattnets nivå inom området följer Mälarens variationer och växlar mellan nivå cirka ± 0 och nivå cirka + 1,0.



## Jetinjektering - metodbeskrivning

Jetinjektering är en metod som används för att bland annat förstärka jord i samband med schaktning, grundläggning eller som en tätskärm i vattenförande jord.

Huvudprincipen för jordförstärkning med jetinjektering är att ersätta finare jordpartiklar med ett cementbaserat injekteringsmedel genom en erosionsprocess. På sådant vis bildas en typ av betong i jorden där ballasten utgörs av de grövre fraktionerna, som inte eroderas bort i samband med processen.

- Jetinjekteringen utförs genom att man först förborrar ett hål genom jordlagren, ned till den nivå man önskar påbörja jetinjekteringen. Förborringen kan antingen utföras separat eller direkt i samband med tillverkningen.

- Jetinjekteringen utförs genom att cement blåses ut under högt tryck via ett munstycke monterat i nederkant av borrsträngen, så att en jetstråle bildas. För att erhålla en jetpelare roteras munstycket, nedifrån och upp samtidigt som det dras upp med en konstant hastighet.

- Jetstrålen är horisontellt riktad och lämnar munstycket med ett stort energiinnehåll, som beror på tryck, flöde, munstyckets storlek etc. Trycket är vanligtvis cirka 400 bar.

Den jetinjekterade zonen får en, jämfört med andra injekteringsmetoder, förhållandevis hög tryckhållfasthet och volymen på den injekterade kroppen kan kontrolleras någorlunda. Metoden är även att betrakta som skonsam mot omgivningen.