

## PM

UPPDRAG Tunnel2000, komplettering	UPPDRAGSLEDARE Pär Svensson	DATUM 2014-05-09
UPPDRAGSNUMMER 1231204000	UPPRÄTTAD AV Pär Svensson	

## Komplettering av rapport avseende Tunnel 2000

VA SYD har bett Sweco komplettera rapporten Tunnel2000 från 2008 (Uppdragsnummer 1230891000) avseende ett antal frågeställningar. Frågeställningarna och dess svar redovisas i denna PM.

### Orientering

Tunnel för avloppsvatten är en allt mer vanligt förekommande företeelse, både nationellt och internationellt. Syfte och funktion med tunnarna varierar något. Emellanåt kommer de till för att minimera bräddning vid regn, emellanåt kommer de till för att samförlägga avloppsreningsverk och emellanåt är syftet ytterligare något annat. Ofta har de både som funktion att transportera spillvattnet och att utjämna flödet. I Stockholm har projektet med att leda spillvatten från Bromma till Henriksdal i en 15 km lång tunnel inletts. Övriga städer med VA-tunnlar i närområdet är Göteborg, Oslo och Helsingfors. Lyfter vi blicken så blir exemplen betydligt fler. Femtio km avloppstunnel slutfördes 2008 i Singapore och i dagarna har projekteringen av andra etappen inletts. Senare i år beräknas en 60 km lång avloppstunnel i Mexico City tas i drift. Tunneln som ligger ca 200 m under markytan har som syfte att minska bräddningarna.

Tunnarna i Singapore och Mexico City har byggts med samma teknik som Citytunneln i Malmö och Metron i Köpenhamn, dvs med TBM. Samma teknik, som idag representerar en högt utvecklad och väl beprövad metodik för tunneldrivning i kalksten, föreslås användas vid anläggandet av Tunnel2000.

### Uppdaterad kostnadsbedömning

VA SYD har önskat en uppdatering av 2008 års priser till 2014 års nivå. En bedömning redovisas i tabell 1. Utgångspunkten för tabellen är att de förutsättningar avseende bland annat dimensionering och teknikval är desamma.

Om man utgår från byggindex har priserna på berg- och markarbeten i Sverige ökat ca 10 % sedan 2008 medan betongarbeten ökat ca 15 %.

I Tyskland och Centraleuropa har priserna på borrhade tunnlar nästan inte ökat alls under samma period. Dock förväntas marknaden bli starkare kommande år, bland annat genom att ett antal planerade VA-tunnlar troligen kommer till utförande.

1 (7)

**Sweco**  
Hans Michelsensgatan 2  
Box 286  
SE-201 22 Malmö, Sverige  
Telefon +46 (0)40 167000  
Fax +46 (0)40 154347  
www.sweco.se

Sweco Environment AB  
Org.nr 556346-0327  
Styrelsens säte: Stockholm

Pär Svensson

Telefon direkt +4640167399  
Mobil +46 (0)706396257  
par.svensson@sweco.se

I den uppdaterade kalkylen har därför följande procentsatser för indexuppräknung förutsatts;

- Huvudtunnlar och mikrotunnlar (som antas bli utförda av internationella entreprenörer); 5%
- Konsulttjänster; 5 %
- Bygg- och installationsarbeten (som antas bli utförda av inhemska entreprenörer); 12 %

Med dessa kalkylförutsättningar blir den beräknade totalkostnaden 1080 MSEK att jämföra med den tidigare kalkylens totalkostnad på 1017 MSEK dvs en ökning av styvt 6 %.

Tabell 1 Uppdaterad kostnadssammanställning

Projektindel	Kostnad tunnlar och dylikt MSEK	Kostnad byggnader MSEK	Kostnad maskiner och el MSEK	Total kostnad MSEK
Förundersökningar	8,5	-	-	8,5
Projektering	48	3	3	54
Tillstånd	11	-	-	11
Trafikomläggningar	3,5	-	-	3,5
Byggledning/kontroll	96	3	7	106
Huvudtunnel	620	-	-	620
Anslutningsschakt	106	-	-	106
Mikrotunnlar	58	-	-	58
Ventilation	-	3,5	-	3,5
Pumpstation och reglersystem	-	30	63	93
Ombyggnader vid Sjölunda ARV	2,5	-	-	2,5
Omkopplingar o d	14	-	-	14
<b>TOTALT</b>	<b>967,5</b>	<b>39,5</b>	<b>73</b>	<b>1 080</b>

I följande kapitel diskuteras och bedöms hur förändrade förutsättningar eventuellt kan påverka kostnadsbilden.

2 (7)

PM  
2014-05-09

## Dimensionsökning

VA SYD har efter att rapporten skrevs börjat använda en klimatkoefficient på 1,2. Det innebär att de dimensionerar ledningar och anläggningar för ett flöde som överstiger dimensionerande flöde med 20%. Detta för att ta höjd för ökad nederbörd i framtiden. Härav har dimensioneringen av Tunnel2000 översiktligt setts över. Enkel analys gör gällande att kapaciteten i tunneln behöver öka med 20%. Dock har denna komplettering fokuserat på en större dimensionsökning än så. Anledningen till detta framgår av nedan.

En ökning av en tunnels diameter innebär i normalfallet en viss ökning av drivningskostnaden som grovt står i proportion till tunnelareans ökning. Det finns dock för VA SYD en möjlighet att en dimensionsökning inte behöver innebära ökad anläggningskostnad, kanske till och med en minskad kostnad jämfört med kostnadskalkylen som bygger på normala marknadsförhållanden. Denna möjlighet består i att någon av de TBM maskiner som för närvarande används vid anläggandet av Cityringen (den nya tunnelbaneringen) i Köpenhamn skulle kunna anskaffas efter avslutad drivning och användas för att borra Tunnel2000. Tunneldiametern i Köpenhamn är 4,9 m och tunneldrivningen skall enligt nuvarande tidplan vara avslutad senast 2018. Det kan även finnas möjlighet att någon annan begagnad TBM med lämplig diameter kan finnas tillgänglig på marknaden.

En ökad tunneldiameter bedöms inte påverka storleken på schakten i tunnels båda ändar och inte heller påverka tiden för tunneldrivning.

Ökningen av tunnelmassornas volym vid en ökning av tunnelns diameter ger dock i normalfallet en proportionell ökning av kostnaderna för borttransport av massorna. Men eftersom det kan finnas möjlighet att deponera tunnelmassor i hamnområdet i stället för vid Lindängelund, vilket skulle innebära kortare transportlängd än vad som förutsattes i den ursprungliga utredningen, behöver den ökade mängden massor från en större tunnel i detta fall inte innebära någon kostnadsökning. I den uppdaterade kalkylen har kostnaden för borttransport och deponering av tunnelmassorna därför satts till samma belopp som i den ursprungliga kalkylen och som i den uppdaterade kalkylen endast indexerats upp med hänsyn till generella kostnadsökningar sedan 2008.

## Driftssäkerhetsaspekter

Accentuerat av raset i Sydsvattens Bolmentunnel har risk för driftstörningar i Tunnel2000 utretts.

Ras av den typ som inträffat i Bolmentunneln utgör ingen relevant jämförelse för bedömning av rasrisker och tillhörande driftavbrott i den aktuella tunneln. Bolmentunneln är en traditionellt utförd sprängd tunnel, förstärkt enbart med bergbult och sprutbetong, dvs. det finns ingen inre lining som skydd. I samband med utredningar föranledda av de ras som inträffat i Bolmentunneln har det framkommit tvivel om teknisk kvalitet vid utförandet. Anläggandet av tunneln var också uppdelad på ett flertal entreprenader och det har konstaterats kvalitetskillnader mellan de olika entreprenaderna.

Med den föreslagna byggtekniken förses Tunnel2000, som integrerad del av tunneldrivningen, med lining av betong längs hela sträckan (samma teknik som vid Citytunneln). Liningen dimensioneras för att kunna uppta alla yttre laster från kalkberget och skall således garantera

stabiliteten under tunnelns tekniska livslängd. Tunnel2000 får därför under sin tekniska livslängd, som förslagsvis sätts till 80-100 år, samma mycket höga säkerhet mot tunnelras som alla de infrastrukturtunnlar (järnvägs-, väg- och tunnelbanetunnlar) där samma teknik tillämpats.

## **Risk för driftstopp**

### Tunneln

Generellt innebär en centralisering av tekniska funktioner att ett flertal risker för mindre driftsavbrott tas bort och ersätts av en enda risk för ett större avbrott, så också i aktuellt fall. Generellt sett är det enklare att hålla en stor anläggning ajour än flera små varför den stora risken är mindre än summan av de små. Detta gäller, för att nämna några, dricks- och avloppsreningsverk, processanläggningar men även en tunnel för avloppsvatten. Havererar någon av dagens pumpstationer är det endast avloppsvattnet från just denna station som behöver bräddas medan resterande pumpstationer kan fortsätta vara i drift. Skulle det bli ett komplett ras i slutet av tunneln innebär det dock att spillvattnet från alla pumpstationer som avses anslutas till tunneln skulle behöva bräddas. Men hur stor är då risken för ett komplett ras? Eftersom tunnelns konstruktion är densamma som för bland annat Citytunneln och Köpenhamns tunnelbana är också risken för ras, stora som små, mer eller mindre densamma, dvs i princip försumbara under tunnelns tekniska livslängd. Skillnaden är att det i tunneln kan bildas svavelväte från syrefattigt spillvatten som i sin tur bildar svavelsyra som kan angripa/försvaga tunnelväggar/-tak. Men eftersom VA SYDs driftspersonal ej observerat svavelväte idag finns det ingen anledning att misstänka att detta ska bli ett problem. Trots detta finns det i kalkylen medtagen kostnad för installation av ventilation i tunneln. Blir det aktuellt att gå vidare med Tunnel2000 bör halten svavelväte i befintliga pumpstationer kontrolleras närmare genom tex mätning. Föreslagen/kalkylerad betongtyp är sulfatresistent vilket innebär att den är särskilt motståndskraftig mot svavelväte. Sammantaget, risk för svavelväte inräknat, är risken för ras i VA-tunneln relativt lik risken för ras i Citytunneln, dvs mycket liten.

Som med alla anläggningar kommer tunneln att kräva underhåll. Periodiska besiktningar kommer att behövas liksom underhållsarbete som besiktningarna ger upphov till. Så länge detta utförs regelmässigt och noggrant kan risken för ras antas vara obefintlig. Om det mot förmodan skulle ske ett ras är det än mer osannolikt att detta ras är av storlek att tunnelns kapacitet minskar kraftigt. Det mest troliga är i så fall ett ras som ger upphov till, överslagsmässigt, några decimeters dämning uppströms. Genom att utrusta tunneln med nivågivare, anslutna till övervakningssystemet, upptäcks en sådan nivåförändring snabbt varvid rasrester kan rensas undan.

Risken för ras med kraftig påverkan på tunnelns hydrauliska kapacitet, liknande vad som skett i Bolmentunneln är därför, som beskrivits i avsnittet Driftsäkerhetsaspekter ovan, med den föreslagna byggmetoden att betrakta som obefintlig. Men rutiner för bräddning vid katastroftillfällen med stora ras ska ändå finnas. Dessa rutiner bör bestå i att avloppsvattnet på så kort tid som möjligt efter ett larm bräddas före det leds ned i tunneln.

4 (7)

PM  
2014-05-09

### Pumpar, ventiler od

Största risken för driftstopp/-störning är att det uppstår problem med någon rörlig del i systemet, tex en komponent i en pump. Föreslaget system innefattar en pumpstation vid Sjölunda som utrustas med 4 stycken pumpar med en total kapacitet av dubbla dimensionerande flödet. Precis som på de stora pumpstationerna i det nuvarande systemet förutsätts reservkraft till pumpstationen. Genom överkapaciteten i kombination med kontinuerligt underhållsarbete är risken för driftstopp att betrakta som mycket liten. I utredningen har det räknats med torruppställda pumpar som trycker in vattnet till Sjölunda. Vid fortsatt arbete bör pumpstationens utformning beaktas vid planering av den kommande inloppsbyggnaden på avloppsreningsverket. Antalet pumpar och pumparnas utformning bör utredas med hänsyn till att uppnå hög redundans samtidigt som en energieffektiv lösning kan uppnås. Eventuellt förändrade dimensionerande flöden behöver beaktas med utgångspunkten att pumpstationens totala kapacitet inte ska vara en orsak till brändningar på ledningsnätet.

Högre dimensionerande flöden medför normalt en högre kostnad för pumpstationen. Samtidigt kan en anpassning av den planerade inloppsbyggnaden kunna innebära att vissa kostnader hamnar på det projektet och sålunda minskar kostnaderna för Tunnel2000-projektet.

### **Risk vid arbete i tunneln**

Liksom allt arbete under mark kommer möjligheten till evakuering från tunneln vara kraftigt begränsad. Vidare finns ingen garanti för att kommunikationsutrustning kommer att fungera i tunneln. Slutligen finns risken för syrebrist samt kraftiga vattenflöden. Sammantaget gör detta att arbete nere i tunneln ska betraktas som högriskarbete varför rutiner och utbildning kommer att krävas för arbete i tunneln.

För att minimera risken för syrebrist har tunneln föreslagits utrustas med fläktar för ventilation.

Risken för plötsliga, snabba flödesförändringar är små. Modellering bör utföras där höjning av nivån i tunneln prövas vid olika typer av regn för att skapa sig en bild av hur snabbt en kraftig höjning kan ske.

Stor vikt behöver läggas på att hitta rutiner som borgar för att arbetet som behöver utföras i tunneln kan utföras med god säkerhet. Schemalagda besiktningar bör tex ske vid torrväder. I anläggningsskedet bör det fokuseras på möjlighet att komma ned i tunneln Baserat på erfarenheter från underhållsarbete i befintliga tunnlar är kommunikation i tunneln oftast ett problem. Möjlighet att, likt Citytunneln anlägga en "läckande kabel" ed för telekommunikation bör undersökas.

## Erfarenheter från andra tunnlar

Som tidigare nämnt är tunnlar för avloppsvatten något som blir allt mer vanligt. Utöver nedan nämnda tunnlar finns det avloppsvattentunnlar (befintliga och påbörjade/planerade) i bland annat Oslo, Helsingfors, S:t Petersburg, Paris, London, Neapel, Blackpool, York, Washington DC, Indianapolis, Cleveland, Columbus, Mexico City, Hong Kong, Honolulu. Anledningen till att dessa städer valt att anlägga tunnlar varierar men att minska bräddningarna är en vanligt förekommande orsak.

Bolmentunneln – Sydsvattens 82 km långa dricksvattentunnel påbörjades 1975 och invigdes 1987. Tunneln går alltid full (överfull) vilket innebär att inspektion i tunneln är mycket svår att utföra. Automatisk övervakning sker av vattentrycket i tunneln. Det ras som inträffade upptäcktes på detta vis. Efter raset installerades fler tryckgivare. Reservvattentäkt innebär att driftsstopp är möjligt att hantera och ändå leverera dricksvatten.

Gryaab, Göteborg – totalt cirka 130 km sprängd avloppsvattentunnel. Problem med svavelväte där färjorna släpper på sitt spillvatten (eftersom spillvattnet på färjorna lagras i syrefattig miljö är det extremt aggressivt när det slutligen reagerar med syre). Vid ett eventuellt driftsstopp ska uppströms anslutningar ha rutiner för att inom 8h brädda avloppsvattnet före det når ner i tunneln. Genomför kontinuerliga besiktningar där eventuella sprickbildningar upptäcks. Har ej haft något ras i tunnelarna som föranlett driftsstopp.

Stockholm – sprängd avloppsvattentunnel. Problem med svavelväte där färjorna släpper på sitt spillvatten. På grund av detta installeras inga fasta stegar eftersom dessa fräts upp. Nya tunnlar förses med manluckor/"sänken" med högst en kilometers avstånd. Detta för att öka säkerheten vid arbete i tunneln. Ett räddningsteam vardera står vid uppströms respektive nedströms manlucka när någon/några är nere i tunnelarna. Skulle arbetarna ej vara uppe efter viss tid går teamen ned. Räddningstjänsten går ej ned i tunnelarna. Därför har Stockholmsvatten egen räddningsutrustning. Alla som utför arbete i tunnelarna i Stockholm får genomgå en särskild utbildning. Stockholmsvatten har ej fått någon radiokommunikation att fungera mer än drygt 100 m in i tunnelarna. Har ej haft något ras som föranlett driftsstopp.

Chicago – Ca 200 km TBM-tunnel i kalksten. Påbörjades 1970, klar 2006. Med de geologiska förutsättningarna, likt Malmös, bedömer de risken för ras som obefintlig. Den enda risk för driftstopp som de ser är kopplat till pumpstationerna. Majoriteten av underhållsarbetet sker i de torra pumpstationerna. När arbete sker i tunneln tas säkerhetsplaner fram, vilka inkluderar luftmätning, kommunikation, belysning, nödevakuering etc. Arbetena utförs generellt under tider med litet flöde i tunnelarna.

Singapore – Konstruerad för att vara underhållsfri under 100 år. TBM med PE-coating. Om det ändå kommer att krävas något underhåll kommer detta att behöva utföras av robotar eftersom tunneln ej försetts med någon möjlighet till åtkomst/inspektion. Byggnation ovan mark i tunnelns linje hålls under uppsikt eftersom det är den enda möjlighet de ser för någonting som hade kunnat skada tunneln.

6 (7)

PM  
2014-05-09

Portland – Även i Portland, känd för sitt arbete med att fördröja dagvatten i småskaliga lösningar högt upp i systemet, sk Portlandlösningar, har man behövt bygga tunnlar för att minska bräddningarna. Sammanlagd längd på tunnarna uppgår till ca 16 km och senaste delen blev klar 2006.

## Slutsatser

- Tunnelsystem för avloppsvatten har uppförts på flera håll de senaste åren och planering pågår på många håll
- Med utgångspunkt från förutsättningar i rapporten från 2008 bedöms investeringsbehovet för Tunnel 2000 stiga med 6 %, vilket innebär ett investeringsbehov på 1080 Mkr.
- En dimensionsökning behöver inte påverka investeringen mer än marginellt om begagnade borrar kan användas (exempelvis från Cityringen i Köpenhamn) och massor kan avsättas i närområdet.
- Tunnelkonstruktionen liknar Citytunnelns vilket gör att driftsäkerheten i tunneln kan, förutsatt att åtgärder mot svavelväteangrepp genomförs, anses vara hög.
- I exempelvis Chicago och Singapore, där tunnelsystem är uppförda med samma konstruktionsmetod som är föreslagen för Tunnel 2000, anses risken för ras vara obefintlig.
- Pumpstationen vid Sjölunda behöver anpassas till pågående planering av inloppsbyggnad och dimensioneras och utförs så bland annat följande uppnås; hög driftsäkerhet, hög energieffektivitet och god arbetsmiljö.
- Erfarenheter från andra tunnelsystem säger att det behöver läggas stor vikt vid att ta fram rutiner så att erforderligt tillsyns- och underhållsarbete i tunnelsystemet kan utföras med god säkerhet.