

ANLÄGGNING Att spränga mitt i stan och att det är trångt. Det är två av utmaningarna när Citybanan i Stockholm ska dras under Riddarfjärden. Dessutom gäller det att få tunnelelementen från Tallinn igenom Södertäljeslussen – som egentligen är för liten!

Teknisk utmaning dra tunnel under Stockholms vatten

Av TILO SPAHN, teknisk projektchef, JV Söderströmstunneln HB och SVEN-GÖRAN ANDERSSON, Züblin Scandinavia AB

STOCKHOLMS NYA järnvägslänk Citybanan är en tvåspårig tunnel som byggs under centrala Stockholm mellan Tomtebodan och Stockholm Södra. Den totala längden blir cirka sex km och tunnelarbetet omfattar även byggandet av två stycken underjordiska stationer.

Färdigbyggd innebär Citybanan att den nuvarande tågtrafiken kommer att kunna dubleras och att den så kallade getingmidjan byggs bort.

Miljömässigt känsligt område

Eftersom den största delen av Stockholms grund består av hård kristallin berggrund så är ett tunnelalternativ ett både tekniskt och miljömässigt bra alternativ. Merparten av tunnelarbetet kan utföras med traditionell tunneldrift (borrning/sprängning).

Vid Söderström, det vill säga tunneldelen från Riddarholmen till Söder Mälarstrand måste en annan byggmetod utnyttjas på grund av att bergytan ligger långt under tunnelläget. Dessutom är det centrala läget mellan Riddarholmen-Gamla Stan-Södermalm ett miljömässigt mycket känsligt område varför speciell hänsyn måste tas vid val av byggmetod.

Fem års byggtid

Konsortiet "Joint Venture Söderströmstunneln HB" är ett samarbete mellan det tyska företaget Züblin Spezialtiefbau GmbH och det danska företaget E. Pihl och Son A/S. Konsortiet tecknade i början av år 2008 ett avtal med Banverket om att på totalentreprenad bygga Söderströmstunneln. Kontraktssumman är på 1 330 miljoner SEK och planerad byggtid cirka fem år från byggstart.

Züblin är specialiserade på avancerade undermarksarbeten och kommer att svara för alla sponter, schakter, pålar, stag,

stöd samt även de bergtunnlar som ingår i kontraktet. Züblins teknikavdelning har dessutom gjort alla beräkningar och konstruktioner av ovanstående.

Pihl och Son kommer att bygga själva sänktunneln och har även gjort beräkningar och konstruktionshandlingar i samarbete med Cowi. Pihl och Son har stor erfarenhet av sänktunnlar från tidigare liknande projekt.

JV Söderströmstunneln HB kunde således uppfylla alla krav som beställaren ställde på miljöhänsyn, tidigare erfarenhet, arbetsledning samt erfarna yrkesarbetare.

Tre tunnelelement sänks

På båda sidorna om Riddarfjärden kommer komplicerade arbetsschakt att byggas. Dessa schakt behövs för att kunna ansluta bergtunnlarna till sänktunneln.

Undervattensdelen av tunneln består av tre stycken tunnelelement som vardera är cirka 100 meter långa. Efter att ha blivit färdigställda på arbetsplatsen vid Söderström kommer respektive element att sänkas ner på fyra stycken stålkärnepålade fundament nere på sjöbotten. Efter det att alla arbetsmoment är färdigställda så påminner konstruktionen om en överdeckad undervattensbro.

Arbetsschakt Riddarholmen

Schaktet vid Riddarholmen kommer att bli cirka 30 m djupt under sjövattnenytan och kommer att användas till att platsgjutta den anslutningskonstruktion som erfordras för att kunna koppla ihop den norra bergtunneln med sänktunneln.

Överdelen av arbetsschaktet ner till cirka 20 m under sjöytan består av lösa jordmassor, och två stycken parallella borrarade sekantpåleväggar utförs med en vägg tjocklek av 1,5 m. Dessa "spontväggar" borraras ner till bergytan och stagas av



FÖRFATTAREN

Tilo Spahn är teknisk produktionschef på Züblin. Han har mångårig erfarenhet som platschef och arbetschef på olika internationella uppdrag.



FÖRFATTAREN

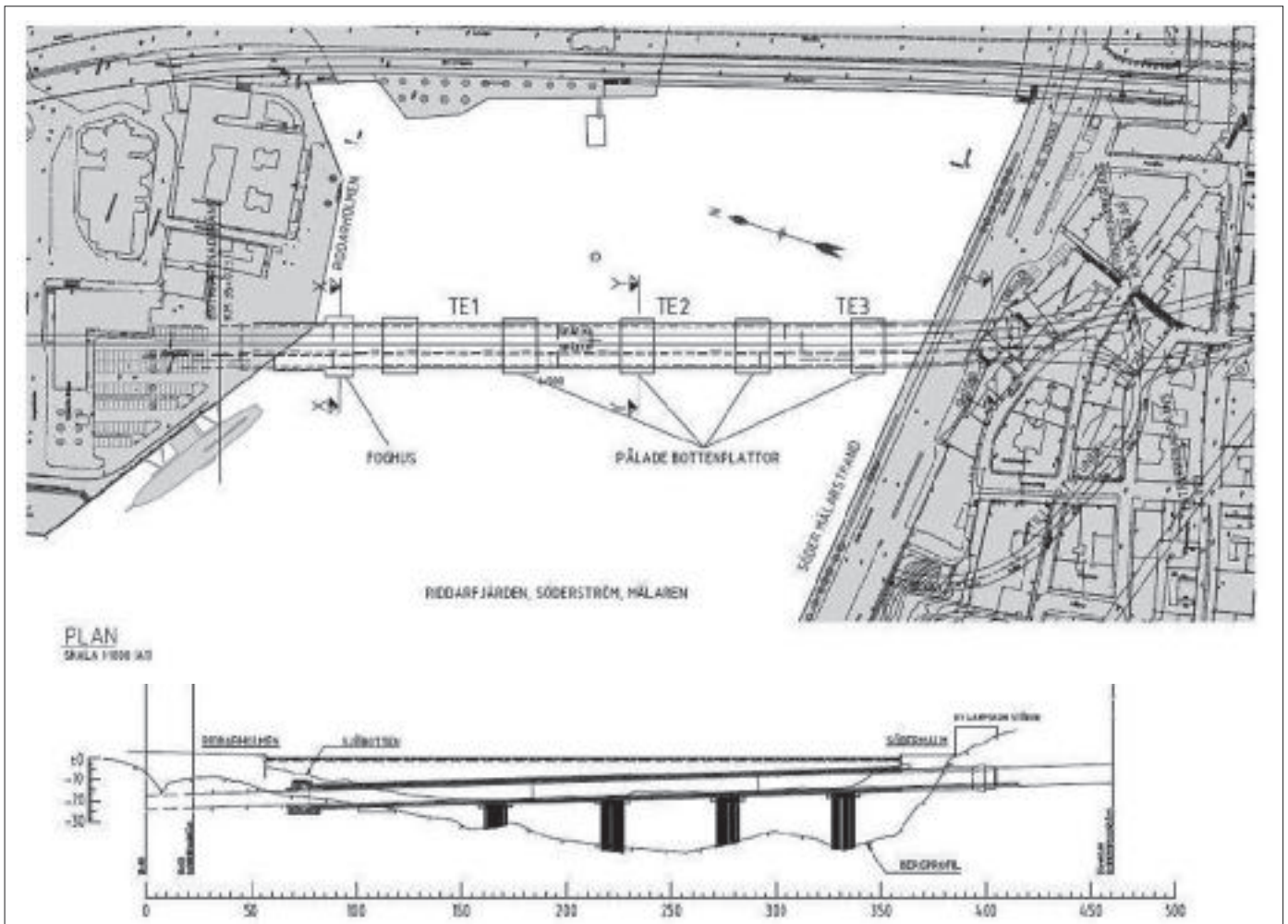
Sven-Göran Andersson är byggingenjör SBR. Han var ägare och VD för borrarföretaget Sven Andersson i Uppsala AB, innan det såldes till Züblin, och är en veteran i borrsammanhang.

invändiga stöttor på två stycken nivåer.

Under sekantpålenivån (minus 20 m) måste ytterligare 10 m bergsschakt utföras. För att förhindra att vibrationer från borrning/sprängning kan påverka omgivande byggnadsverk så kommer vertikalt sågade slitsar att göras utefter hela längden av respektive schaktväggar.

Eftersom arbetsschakten måste byggas ut 50 m i Riddarfjärden måste en fångdamm byggas. Dammväggarna kommer att förankras med olika typer av stag. Vid stagarbetet måste hänsyn tas till omgivande hus och andra konstruktioner.

För att undvika inläckande vatten



Citybanan dras i en sänktunnel som läggs längs sjöbotten mellan Riddarholmen och Söder Mälmarstrand. Den nedre skissen visar längdsektionen över sänktunneln och anslutande bergtunnlar. Skiss: Züblin

kommer ridåinjektering att utföras under sekantväggarna samt även annan typ av berginjektering ner till sju meter under slutlig sprängbotten. Även fångdammsväggarna kommer att jetinjekteras i övergång mellan jord och berg.

Arbetschakt Söder Mälmarstrand

Ett U-format "sekantpåle-schakt" kommer att byggas ner till ett djup av 18 m från sjövattnenytan. Sekantpåleväggarna (som är borrade) blir 1,5 m tjocka.

Grundläggningen av den platsgjutna betongtunneldelen som byggs nere i arbetschaktet görs med borrade pålar ner till bergytan som ligger max 33 m under sjövattnenytan. Pålar dubbas in i berget och tätning mot läckande vatten erhålls genom jetinjektering.

För att upprätthålla biltrafiken på Söder Mälmarstrand måste en temporär bro byggas ute i Riddarfjärden. Bron grundläggs med borrade betongpålar med 1,2 m diameter. Dessutom måste den befintliga kajen förstärkas med borrade pålar. Konstruktionen förstärks ytterligare med bakförankrade dragstag.

På grund av att vattendjupet bara är

4 m utanför den befintliga kajen måste omfattande grävarbeten utföras inne i arbetsschaktet ner till tunnelläget 18 m under sjövattnenytan. Sedan kommer ridå- och botteninjektering att utföras i botten av schaktet för att täta mot inläckande vatten.

Eftersom botten av sänktunneln kommer att ligga 23 m under sjövattnenytan och det maximala vattendjupet är cirka 20 m måste omfattande muddringsarbeten utföras. För att minimera miljöpåverkan av vattnet i Riddarfjärden kommer så kallade "siltcurtains" att placeras så att arbetsområdet avskärmas från den övriga delen av Riddarfjärden.

Efter erforderlig muddring kommer en arbetsyta av betong att gjutas på sjöbotten.

Borrade stål kärnepålar kommer sedan att drivas genom "bottenbetongen" och ner cirka 1 m i fast berg.

Dykare kommer att kontrollera att stål kärnepålar hamnar rätt. Borrning och stål kärnemontage kommer att utföras från borrhjullformar. Efter slutförd pålning kommer fundamenten att formsättas och armeras. Sedan gjuts fundamen-

ten av dykare med en speciell undervattenbetong.

Sänktunnelelement av betong

På grund av det begränsade arbetsområdet vid Söderström måste huvuddelen av tillverkningen av de cirka 100 m långa tunnelelementen göras på andra platser. Stålgjutformarna, som tillverkas av 10 mm tjock fartygsplåt, byggs på ett skeppsvarv i Tallinn. Dimensionerna av respektive tunnelelement är: längd cirka 100 m, bredd 20,5 m och höjd 10,0 m. Stålförmarna byggs färdiga i Tallinn och placeras på stora pramar. Varje stålform förses också med täta stålskott på varje kortsida och formarna fungerar också som ett "båtskrov" under transporter fram till slutligt läge i Riddarfjärden.

Ett problem vid sjötransporten är att Södertäljeslussen är smalare än formelementen (slussbredden är cirka 19 m). Problemet går att lösa genom att lasta formelementen på pramar på ett sådant sätt att botten av elementen ligger högre än slussportar och sidokajer vid slussningen.

Fortsättning s. 6 ►



Vid Söder Mälärstrand och Riddarholmen byggs arbetsschakt där bergtunnlarna ska ansluta till sänktunneln som ska gå längs sjöbotten. Här sker en etablering vid Söder Mälärstrand. Foto: Züblin

► Vid en kajplats längre in i Mälaren kommer det fortsatta arbetet med tunnelelementen att göras, det vill säga armering och betonggjutning. Först måste stålformarna lastas av pråmarna. Det sker genom att vattenfylla pråmarna som då sjunker ned; stålformarna "självflyter".

Belastar inte närmiljön

Genom att det mesta av arbetet med att färdigställa tunnelelementen sker utanför Stockholm kommer väldigt mycket av de miljöproblem i form av ljud, avgaser, etcetera som uppkommer vid denna typ av byggande inte att behöva belasta närmiljön runt Riddarfjärden. Eftersom farleden in till Riddarfjärden har ett begränsat djup kan inte tunnelelementen färdigställas mer än till ett djupgående av 6,0 m. Resterande arbete måste göras vid det slutliga läget vid Söderström.

Under tiden som tunnelelementen har

tillverkats har också de båda platsgjutna tunneldelarna vid Riddarholmen respektive Söder Mälärstrand gjorts färdiga. Båda arbetsschakten kommer nu att vattenfyllas och spontväggarna ut mot Söderström kommer att skäras bort genom att använda speciella undervattenmetoder.

Efter att så kallade "Gina-tätningar" har monterats på tunnelelementen är dessa färdiga att sänkas ner till slutligt läge på bottenstöden, speciella justeringsdon (grout-bags) är monterade på bottenstöden, vilket medgör att smärre justeringar i höjd kan göras.

Berget måste slitssågas

När tunnelelementen är placerade i rätt läge demonteras tätskotten från varje element. Slutligen monteras spännkablar genom alla tre tunnelelementen och kablarna efterspänns. Med denna byggmetod

garanteras att den specificerade minimilivslängden på 120 år kommer att uppnås.

Byggandet av de bergtunnlar som ingår i kontraktet påverkas mycket av det trånga utrymmet vid Söder Mälärstrand samt den känsliga närmiljön med bland annat restriktioner av tillåtna skjuttider och vibrationer. Omfattande slitssågning av berget måste göras innan sprängning kan påbörjas.

Tunnelarbetet vid Söder Mälärstrand startar i februari 2009 med att tillfartstunneln börjar med att drivas in mot läget för tågtunneln. Från detta läge drivs sedan tågtunneln norrut mot arbetsschaktet vid Söder Mälärstrand.

Transporter går över vatten

Ett logistiskt problem är det faktum att lastbilstrafik till och från Riddarholmen är begränsad på grund av bron över till

Fortsättning s. 8 ►



Början av en sekantpålevägg med borrhålsdiameter 1,5 meter som ligger vid arbetsschaktet på Riddarholmen. Foto: Züblin

► Riddarholmen. Problemet har lösts genom att i stället utnyttja sjötransporter. En kombination av bogserbåtar och pråmar gör det möjligt att kunna transportera 250 ton material per transport till och från Riddarholmen eller Söder Mälarstrand.

JV Söderströmstunneln HB kommer att utnyttja sjötransporter så mycket som möjligt för att värna om närmiljön runt Riddarfjärden.

En lastkaj, som ligger cirka en timmes båtresa bort, har hyrts för alla tunga transporter till och från arbetsområdet vid Söderström. Många transporter kan således göras som sjötransporter vilket avsevärt kommer att minska buller och avgasproblemen.

Den komplicerade byggmetod som kommer att användas kräver också en

mycket noggrann utsättning och inmätning. Över 100 stycken fixpunkter för geodetisk mätning kommer att behövas.

Även olika typer av GPS-mätning kommer att användas. Dessutom har över 30 stycken inklinometerrör installerats för kontroll av sättningar och skred.

Varvet bygger stålformar

Byggtiden är planerad till fem år från byggstart vilket ger ett slutdatum i december 2012. Vissa osäkerheter som kan påverka tidplanen är jord- och bergförhållanden, väderlek – som tuffa vintrar – samt det faktum att mycket av arbetet kommer att bedrivas "off-shore". En viss tid tar det också, minst tio månader, att planera, konstruera samt ordna med utrustning och personal.

Byggverksamheten startade i maj 2008 när den första trafikomläggningen gjordes vid Söder Mälarstrand. För närvarande borrar det för pålar vid Söder Mälarstrand.

Vid Riddarholmen byggs en ljuddämpande vägg samt förbereds för att börja borra för sekantpåleväggarna till arbetsschaktet. Borrningar påbörjas under januari 2009.

Vid Mariahissen pågår förberedelse för att påbörja tillfartstunneln.

I Tallinn har skeppsvarvet börjat bygga stålformarna till tunnelementen.

Alla som är med och driver projektet tycker att det är ett mycket intressant och utmanande arbete att föra i hamn, speciellt med tanke på den miljöhänsyn som präglar projektet. □



Borring för sekantpålvägg vid arbetsschakt Söder Mälarstrand. Borrmaskin B640 rotationsmaskin med vridmoment av 400 00 Nm. Borrhålsdiameter är 1,2 m. Foto: Züblin

AMA – för bättre byggande!

SNART KOMMER AMA HUS 08!

Förbeställ på www.byggjtjanst.se



svensk byggjänst

