



Citybanan Stockholm Anslutning Södra
Stockholm, Schweden



Implenia Spezialtiefbau GmbH
Infrastructure - Geschäftsstelle Nord
Heidenkampsweg 81
D-20097 Hamburg

T +49 40 229257 -0
F +49 40 229257 -299

hamburg.spezialtiefbau@implenia.com
www.spezialtiefbau.implenia.com



1

Auftragssumme (netto):

Vertragsart: Cost plus Fee

110 Mio. EUR (Gesamtauftrag)

50 Mio. EUR (Anteil Spezialtiefbau)

1 Stifelsen

Bauzeit:

Januar 2010 – August 2016 (Gesamtauftrag)

Januar 2010 – September 2014 (Anteil Spezialtiefbau)

Auftraggeber:

Trafikverket Projekt Citybanan i Stockholm

Ausführung:

ARGE, bestehend aus

Bilfinger Construction GmbH, Scandinavian Branch

Bilfinger Spezialtiefbau GmbH, Geschäftsstelle Nord

Services:

Stahlrohrpfähle

Steelcore Piles

RD-Pfähle

Baugrubenverbau

Mikropfähle

Litzenanker

DSV-Unterfangung

DSV-Sohle

Niederdruckinjektion

Kernbohrungen

Stahlbau



1

1 Pfähle unter Stifftelsen

Das Gesamtprojekt "Citybanan i Stockholm" steht für eine Kapazitätserweiterung (Verdopplung der bisherigen Kapazitäten) des Schienenverkehrs in Stockholm. Hierbei wurden 2 neue Gleise im 6 km langen Tunnel zwischen den Bahnhöfen Södra und Tomtebodan gebaut.

Das Teilprojekt "Anslutning Stockholm Södra" besteht aus einem 331 m langen Tunnel, der teilweise in offener Bauweise und teilweise in Deckelbauweise hergestellt wurde. Weitere Bauwerke wie Ventilationsgebäude, Abwassertunnel, Überdeckung für die bereits existierenden Gleise und ein Notausgang waren im Projekt enthalten.

Charakteristika der Baustelle sind Unterfangung existierender - und auch bewohnter - Gebäude, Arbeiten in unmittelbarer Nähe der befahrenen Bahngleise und des Straßenverkehrs, Baugrube und größter Teil der Bauwerke unter Grundwasserniveau, Innenstadtumgebung, detailliertes Logistikkonzept, Baustelle im Fokus der Öffentlichkeit und des Bauherrn sowie Einschränkungen hinsichtlich Arbeitszeit, Lärmemission und Umweltauflagen.

Der größte Teil der neuen unterirdischen Gleisanlage befindet sich im anstehenden Fels, der sich ideal für Tunnelbauwerke eignet. Teilweise steht der Fels über 60 m unterhalb der Geländeoberfläche an. Der heutige Park "Fatburen", unterhalb dessen ebenfalls ein Teil der Neubaustrecke verläuft, war einst ein kleiner See, dessen Grund aus Sand, Schlamm und Geröll bestand.



1

1 Probelastung Stahlkernpfahl

Das Gebäude "Stiftelsen" befindet sich nahe dem heutigen Park "Fatburen" und wurde teilweise auf dem anstehenden Fels und teilweise auf dem ehemaligen Grund des damaligen Sees gegründet. Da die neue Bahntrasse direkt unterhalb des als Denkmal gelisteten Gebäudes verläuft, welches folglich weder abgerissen, umgebaut noch beschädigt werden durfte, wurde der Neubau deutlich erschwert. Es war nötig, das Gebäude für die Dauer der Bauzeit mit Hilfe von Pfählen untergraben zu können. Hierdurch wurde der Hauptbestandteil der gestellten Bauaufgabe, das Herstellen von Bohrpfählen, erforderlich.

Pfahlarbeiten

Es wurden Stahlrohrpfähle mit Durchmessern von 139,7 mm bis 273 mm und Wandstärken von 6,3 mm bis 12,5 mm, in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt:

- Baugrubenverbau; zusätzliche Einbringung von HEB-Trägern und Verfüllungen des Zwischenraumes mit Zementsuspension
- Unterfangung von Gebäuden ohne zusätzliches Trageglied, nur Verfüllung mit Zementsuspension (RD-Pfahl) und Einbringung von massiven Stahlkernen (D= 130 mm und D= 150 mm), Verfüllung mit Zementsuspension (Stahlkernpfahl)
- Gründungs- und Auftriebspfähle für die Tunnelbodenplatte, Fundament Überdeckung und Ventilationsgebäude; Einbringung von massiven Stahlkernen (D= 130 mm, D= 150 mm, D= 180 mm und D= 200 mm) und Verfüllung mit Zementsuspension (Stahlkernpfahl)



1



2

In seiner Ausschreibung hatte der Auftraggeber das Herstellen der Bohrungen mittels wasserbetriebem Imlochhammer beschrieben. Dieses Verfahren eignete sich wegen der vorhandenen Umweltaspekte, der geringen Lärmbelastungen in den die Baustelle umgebenden Bereichen, sowie dem minimalen Risiko von Setzungen am Besten zur Herstellung der benötigten Bohrungen. Weiterhin war es erforderlich, die bisherige Gründung des Gebäudes, bestehend aus Eichenpfählen und Fels, mit dem gewählten Bohrverfahren durchdringen zu können.

Die Rohre wurden bis auf den unverwitterten Fels abgebohrt und mindestens 50 cm darin eingebettet. Es wurden hierbei Bohrtiefen von bis zu 68 m erreicht.

Der Stahlkernpfahl erhielt mit einem kleineren Piloten eine zusätzliche Felsbohrung zwischen 1 m und 12,5 m. Das Stahlkerntragglied wurde im Felseinbindebereich mit aufgeschweißten, über den Umfang verteilten Rippen bestückt um so die Mantelreibung zu erhöhen.

Massen:

757 Stück Baugrubenpfähle
 292 Stück RD-Pfähle
 930 Stück Stahlkernpfähle

1 Schweißen Hüllrohr

2 Installation Stahlkern



1



2

Ankerarbeiten

Die Temporäranker auf dem Projekt dienen der Rückverankerung der Baugrubenwände. Die Verankerung erfolgte mit Einbindelängen von 3 m bis 13 m im gesunden Fels. Zusätzlich wurde ein vorhandener Gleiskörper als Fangedamm ausgebildet. Dazu wurden Horizontalanker mit einer Deckung von 1,5 m unter den Gleisen verbaut. Die Ankerherstellung wurde nach 4 Arten unterteilt:

1. Litzenanker mit Schutzrohr
2. Litzenanker ohne Schutzrohr
3. Einstabpfahl Typ MAI ohne Schutzrohr
4. Einstabpfahl Typ GEWI mit Schutzrohr

Das im Boden verbleibende Schutzrohr wurde - wie beim Stahlrohrpfahl - mit einem wasserbetriebenen Imloch-Hammer abgebohrt. Im Anschluss wurde mit einem kleineren Piloten die Felseinbindung hergestellt. Der Einstabpfahl Typ MAI wurde unverbohrt mittels Drehschlagbohrung und Zementspülung abgebohrt. Das Bohrverfahren für den Litzenanker mit Schutzrohr war ebenfalls die Drehschlagbohrung mit wiedergewonnenem Innen- und Außengestänge.

Massen:

- 323 Stück BBV-Litzenanker (3-, 5-, 7-, 9- und 12-Litzen)
- 34 Stück Einstabpfahl Typ MAI (R51 und T76)
- 24 Stück Einstabpfahl Typ GEWI (D= 50 mm - 63,5 mm)

1 Bohren eines Ankers

2 Berliner Verbau mit Rohren ("Rör Spont") mit Litzenankern



1

DSV-Arbeiten

Das Baufeld wurde durch Baugrubenwände umschlossen. In weiten Teilen erfolgte ein Verbau im Schwedischen "Rörspont"-System mit einer DSV-Ausfachung zwischen den, in den Fels abgebohrten, Rohren. In Teilbereichen wurde die Baugrube nach unten gegen anstehendes Grundwasser mit einer DSV-Sohle abgedichtet.

Der Baugrund bestand aus verschiedenen geschichteten Bodenarten. Im obersten Bereich stand Auffüllung an. Unterhalb der Auffüllung folgten zunächst Schichten aus Sand sowie in Teilbereichen auch Schluffe. Die Sand- bzw. Schluffschicht wurde unterlagert von einer mehrere Meter mächtigen Grundmoränenschicht, welche sich aus Sanden, Kiesen und abgerundeten Steinen mit Kantenlängen von bis zu ca. 40 cm zusammensetzte. Diese Schicht wiederum wurde von klüftigem Fels unterlagert.

Um auf die spezielle Baugrundsituation einzugehen wurde mit angepassten Bohrverfahren reagiert. Die für die DSV-Ausfachung und -Dichtsohle nötigen Bohrungen wurden im klassischen Spülbohrverfahren, Hydraulikhammer- und Imloch-Hammer-Bohrverfahren hergestellt.

Massen:

- 1.350 Stück Säulen zur Verbauausfachung
- 3.500 Stück Säulen DSV-Sohle
- 70.000 Bohrmeter für DSV
- 20.000 m³ DSV

1 Düsenstrahlinjektion



1

Niederdruckinjektion

Die Niederdruckinjektion kam an zwei markanten Stellen zum Einsatz. Die Fundamente der sich in der Trasse befindlichen Häuser "Stiftelsen" und "Dykärret mindre 8" bestanden aus Natursteinmauerwerk. Die Fugen der Steine waren unverfüllt und boten daher kein standfestes Fundament für die spätere Unterfangung.

Hier wurden in einem fein abgestimmten Raster Verpressschläuche beidseitig in die Fugen eingebracht und die Öffnung geschützt. In der obersten Lage wurden weitere Injektionsschläuche installiert, die sowohl zur Überwachung der aufsteigenden Suspension als auch der Entlüftung dienten. Die komplette Außenfläche der Natursteinmauer wurde mit Spritzbeton überzogen, so dass nur noch die Enden der Verpressschläuche zu sehen waren. Nach erfolgter Aushärtung dieser außenliegenden Schalung, wurde das Fundament mit Niederdruck injiziert.

Eine weitere Verwendung der Niederdruckinjektion erfolgte in Teilbereichen des Baufeldes, in denen der Fels höher als die Tunnelsohle anstand. Hier erfolgte im Baufeld eine Felsinjektion im Raster von 2 m und entlang der Baugrubenwände eine Schleierinjektion im Raster von 1 m. Da die Injektion von einer relativ hohen Kote aus erfolgte, wurde ein Rohr $D= 114,3$ mm bis auf den Fels abgebohrt und eine Felsbohrung mit $D= 90$ mm hergestellt. Die Bohrlänge betrug im Baufeld 5 m und bei der Schleierinjektion 10 m. Anschließend wurde mit Hilfe von Packern die Felsinjektion im Niederdruckverfahren durchgeführt.

1 Niederdruckinjektion der vorhandenen Natursteinmauer-Gründung