

Halbzeit beim Bau des Eisenbahntunnels Liefkenshoek

Seit Ende 2008 ist das größte Infrastrukturprojekt Belgiens, das als PPP-Projekt (Public Private Partnership) im Gebiet des Seehafens von Antwerpen ausgeführt wird, im Bau. Ziel des Projektes ist es, im Jahr 2014 zwischen dem linken Ufer des Flusses Schelde und dem rechten Ufer eine Verbindung für den Eisenbahngüterverkehr herzustellen. Die Bauarbeiten sind in vollem Gange und die ersten wichtigeren Meilensteine des Projektes wurden erfolgreich passiert.

1 Einleitung

Erstmals wurde dieses Projekt in tunnel 7/2009 vorgestellt. In der vorliegenden Ausgabe wird nach etwas mehr als 2 Jahren Bauzeit über den aktuellen Stand der Arbeiten bei diesem Infrastrukturprojekt berichtet. Bild 1 zeigt eine schematische Übersicht über die Hafenanlagen mit der neuen S-förmigen Eisenbahnverbindung Liefkenshoek. Durch die neue Verbindung müssen die Züge das Hafengebiet nicht mehr verlassen. Zusätzlich werden die Betriebskosten für die Züge niedriger sein, da die Bahnstrecke zwischen den bedeutenden Orten auf dem linken und rechten Ufer um ca. 22 km oder 45 min Fahrzeit verkürzt wird.

Die neue Eisenbahnlinie verläuft zu einem großen Teil parallel zur vorhandenen Ringautobahn R2, einschließlich des abgesenkten Schelde-Straßentunnels, der in den 1980er Jahren gebaut wurde. Außerdem waren die Beschränkungen bezüglich der Gradienten für

Dipl.-Ing. Sascha Boxheimer, THV LocoBouw, Antwerpen/B, Belgien; Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Bereich Tunnelbau, Frankfurt am Main/D
Ir. Johan Mignon, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Antwerpen/B

Eisenbahngleise zu berücksichtigen, die sehr viel flacher sind als diejenigen für Straßen.

Das Infrastrukturprojekt für den Eisenbahngüterverkehr mit einer Gesamtlänge von ca. 16,2 km ist ein Public Private Partnership-Projekt (PPP-Projekt) mit einer Laufzeit von 38 Jahren, die 2051 mit der end-

www.alfaportantwerpen.be



Überblick über das Hafengebiet von Antwerpen
Overview over the harbor area of Antwerp

Half way of Construction of the Liefkenshoek Rail Tunnel

Since end of 2008 the biggest infrastructure project in Belgium is under construction as a Public Private Partnership project in the Antwerp sea port harbor area. The construction works are in full progress and first major milestones of the project were passed successfully on the way to connect the railway freight transportation from the left and the right bank of the River Scheldt in 2014.

1 Introduction

With reference to the first publication about this project in tunnel 7/2009 an update of status of the works on this infrastructure project is given after a little bit more than 2 years of construction time.

Figure 1 gives a schematic overview over the harbor instal-

lations with the new S-shaped Liefkenshoek railway link. In addition to the fact that trains will no longer have to leave the harbor territory, the operational costs for the trains will be lower due to the fact that the distance by rail between the major locations on left and right banks is reduced by approx. 22 km or 45 min of travel time.

The new rail way line follows for a major part in parallel the alignment of the existing highway R2, including the immersed Scheldt highway tunnel, which was built in the 1980's. Furthermore, the restricted gradients of the slopes for railway tracks, which are much shallower than for roads, had to be taken into account.

This infrastructure project of approx. 16.2 km total length for railway freight is a Public Private Partnership project (PPP-project) with a maturity period of 38 years, ending in 2051 with the final handover to the Client Infrabel NV. After 2 years of tender, finally the successful bidder

gültigen Übergabe an den Auftraggeber Infrabel NV endet. Nach einer Angebotszeit von 2 Jahren wurde der DBFM-Vertrag (Design, Build, Finance and Maintenance) schließlich an das erfolgreiche Bieterkonsortium LocoRail NV, bestehend aus der belgischen Firma CFE NV, der französischen Firma VINCI Concession SA und der niederländischen Firma BAM PPP, als Projektgesellschaft vergeben. Der Gesamtinvestitionswert beträgt 765 Mio. Euro, wobei sich der Wert des Design-and-Build-Auftrags auf 690 Mio. Euro beläuft.

2 Auszuführende Arbeiten

Das Projekt ist in 13 Bauteile geteilt. Dazu gehören 2 Durchlässe mit einer Gesamtlänge von 280 m, ein Aquädukt über die Gleise, 3 Straßen- und Bahn-gleisquerungen, die Sanierung des bestehenden, 30 Jahre alten, aber nie genutzten Beveren-Tunnels unter dem Waasland-Kanal, 4.300 m Dichtwände, 430 m Schlitzwände, 2 im Schildvortrieb herzustellende Tunnel mit einer Länge von fast 6 km sowie 8 Rettungsschächte, die mit den beiden Tunneln zu verbinden sind, und 13 Querschläge zwischen den Tunnelröhren (Bild 2). Insgesamt sind fast 3 Mio. m³ Erde zu bewegen und 400.000 m³ Beton sowie ca. 40.000 t Stahl einzubauen.

Die Arbeitsgemeinschaft THV LocoBouw, bestehend aus MBG/CFE, BAM CEI-de Meyer, Vinci Construction Grands Projets und Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, erhielt den Bauauftrag von der LocoRail NV. MBG und BAM CEI-de Meyer sind für die übertägigen Bauarbeiten verantwortlich, Vinci und Wayss & Freytag als Tun-

nelexperten für die im Schildvortrieb zu erstellenden Tunnel und die Querschläge.

Die Ausführung des Projekts begann im November 2008 an mehreren Stellen der Baustelle, wobei der erste Meilenstein die Fertigstellung des Startschachts war, die den Aufbau und das Anfahren der 2 jeweils 100 m langen Mixschild-TBM ermöglichte. Nach erfolgreicher Montage der beiden TBM von Herrenknecht startete Schanulleke, die TBM Nord, erfolgreich im Februar 2010. Die TBM Süd, Wiske, folgte Ende März 2010, 7 Wochen nach Schanulleke.

In diesem Beitrag soll der Schwerpunkt auf die mit dem Tunnel zusammenhängenden Arbeiten gelegt werden sowie auf den Tunnelvortrieb selbst, die Arbeiten im Kanaldock B1-B2, die vor der Durchfahrt der TBM auszuführen sind, die Arbeiten an den Querschlägen und schließlich die Verbindungsstollen zwischen den Tunneln und den Rettungsschächten.

3 KW10 – Die 5970 m langen TBM-Tunnel

Die beiden Tunnelröhren mit einer Länge von jeweils ungefähr 6 km haben einen Außendurchmesser von 8,1 m und werden mit 2 Hydroschild-TBM mit einem Durchmesser von 8,4 m aufgeföhren. Die Dicke der vorgefertigten Tunneltübginge beträgt 0,4 m bei einer Breite von

consortium LocoRail NV, composed of the Belgian company CFE NV, French company VINCI Concession SA and Dutch company BAM PPP, was awarded the DBFM-contract (Design, Build, Finance And Maintenance) as Special Purpose Company. The total invest of the project is 765 mio. Euro, whereas the value of the Design-and-Build-contract is 690 mio. Euro.

2 Building operations

The project is divided into 13 construction parts, among others 2 culverts of in total 280 m length, an aqueduct across the track, 3 street and railway track crossings, the refurbishment of the existing, but never used 30 year old Beveren Tunnel below the Waasland canal, 4,300 m of water retaining slurry walls, 430 m of diaphragm walls, 2 shield driven tunnels of almost 6 km length as well as 8 evacuation shafts (ES), to be connected to the 2 tunnels and 13 cross-passages (CP) between the tunnel tubes (Fig. 2). In total almost 3 mio. m³ of earth moving has to be done, 400,000 m³ of concrete and approx. 40.000 t of steel have to be applied.

The joint venture THV LocoBouw, composed of MBG/CFE, BAM CEI-de Meyer, Vinci Construction Grands Projets and Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, was awarded the building contract by LocoRail NV. MBG and BAM CEI-de Meyer are mainly responsible for the above ground civil works,

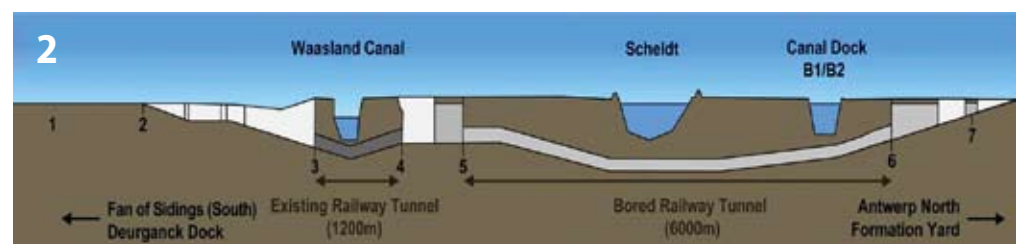
Vinci and Wayss & Freytag as tunnelling experts are responsible for the shield-driven tunnels and the cross-connections.

The execution of the project started in November 2008 on several parts of the jobsite, with the first milestones, the completion of the launching shaft to enable the installation and the start of the 2 each 100 m long Mixshield TBM. After successful assembly of the 2 TBM from Herrenknecht, Schanulleke, the North TBM, was launched successfully in February 2010. TBM South, Wiske, followed by end of March 2010, 7 weeks after Schanulleke.

In this article the focus will be set on the tunnel related works as the tunnel drive itself, the works in the Kanaldock B1-B2, to be done before passing with the TBM, the works on the cross-passages (CP) and finally the connection-galleries between tunnels and the evacuation shafts (ES).

3 KW10 – The 5,970 m long TBM tunnels

The 2 tunnel tubes of each approx. 6 km length have an external diameter of 8.1 m and are constructed by 2 hydro-shield TBM with a diameter of 8.4 m. The thickness of the prefab tunnel segments is 0.4 m and the segments have a width of 1.8 m. The tunnel drives have a maximum inclination of 1.25 %. The minimum soil cover along the tunnel alignment is in the area of the Kanaldock with ap-



Schematischer Längsschnitt des Projekts
Schematic longitudinal section of the project



Verklebung des Schneidrades durch den Boomse Klei
Cutting wheel arm with clogging Boom Clay

1,8 m. Die Tunnelvortriebe haben eine maximale Neigung von 1,25%. Die Mindestüberdeckung entlang der Tunneltrasse beträgt im Gebiet des Kanaldocks ungefähr 3 m, was besondere Maßnahmen in diesem Gebiet erforderlich macht. Die maximale Überdeckung liegt bei ca. 33,6 m, die maximale Wassersäule über der Tunnelsohle beträgt ungefähr 40 m.

Die Geologie im Tunnelquerschnitt besteht aus mehreren Schichten tertiärer Sande unterschiedlicher örtlicher Formationen, die geringe Anteile von Ton sowie Glaukonit enthalten, und aus Boomse Klei, einem steifen, überkonsolidierten und zerklüfteten tertiären Ton, als Dichtschicht darunter. Zum größten Teil liegt die Tunneltrasse in den tertiären Sanden, allerdings reicht der Ton, der eine starke Neigung zum Verkleben aufweist, bei ca. 800 Ringen, was 1,44 km entspricht, bis auf maximal 40 % des Tunnelquerschnitts hinauf.

Die 13 Querschläge zwischen den Tunneln sind während der Tunnelvortriebsarbeiten herzustellen, was einen

großen Einfluss auf den Vortriebsfortschritt des nördlichen Tunnels hat, von wo aus die meisten Querschlagsarbeiten beginnen.

4 Durchquerung des Boomse Klei und Unterquerung des Flusses Schelde

Nach einem erfolgreichen Start der beiden TBM erreichte die Leistung in den tertiären Sanden schnell ein zufriedenstellendes Niveau von bis zu 75 Ringen pro TBM pro Woche. Nach ungefähr 800 Ringen schnitten die TBM erstmals den Boomse Klei in der Tunnelsohle an. Da das Schneidrad häufig durch den Ton verklebt wurde (Bild 3), fiel die Vortriebsgeschwindigkeit auf zuweilen 1 oder 2 Ringe pro Tag.

Beim Bauwerk ES07, dem 4. Rettungsschacht auf der Tunneltrasse, das direkt vor dem Schelde-Deich liegt, hatte LocoBouw eine Wartungsbox gebaut, um dort die Schneidwerkzeuge der 2 TBM auszuwechseln und die TBM auf die Unterquerung der 1000 m langen Schelde vorzubereiten. Die

33,6 m, die maximale Wasser säule über Tunnel invert ist approx. 40 m.

The geology in the tunnel cross-section consists of several tertiary sand layers of different local formations containing fractions of clay as well as glauconite, and the Boom Clay, a rigid, overconsolidated and fractured tertiary clay, as sealing layer beneath. Most parts of the tunnel alignment are situated in the tertiary sands, but the clay, which has a strong tendency to clogg reaches up to a maximum of 40 % of the tunnel cross-section for approx. 800 rings, which is equivalent to 1.44 km.

The 13 cross-passages between the tunnels will have to be done during the tunnel drive works, which has a big influence on the prox. 3 m, which requires special measures in this area. The maximum overburden is approx.



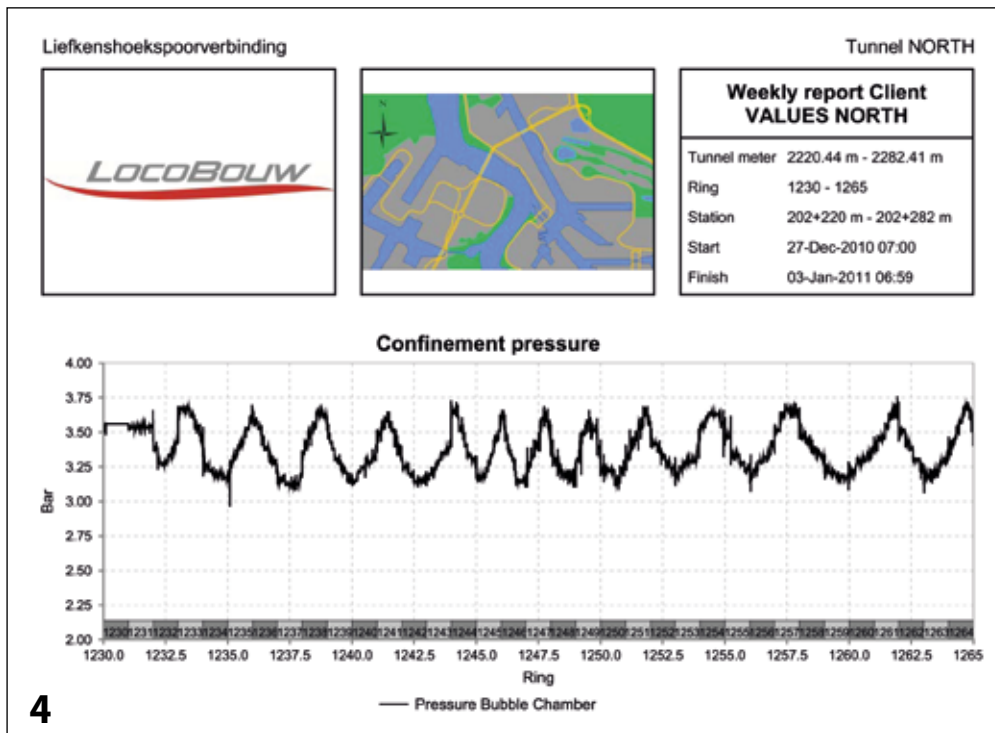
Apparatebau // Vakuumtechnik /// Tunnelbau //// Fertigungstechnik



Vakuumhebetechnik

Maximale Effizienz und Sicherheit bei rationellem Einsatz. Für Sie von DEVO-Tech.

DEVO-Tech AG
Hauptstrasse 39 Tel +41 61 935 97 97 info@devo-tech.ch
CH-4417 Ziefen Fax +41 61 935 97 99 www.devo-tech.ch



Veränderung des Stützdrucks beim Unterqueren der Schelde
Variation of bubble pressure during Schelde crossing

TBM Süd, die die TBM Nord infolge des bei den Querschlägen erforderlichen Stop-and-Go-Modus überholt hatte, verließ die Wartungsbox nach 3 Wochen intensiver Wartung und begann mit der Unterquerung der Schelde. Hundert Ringe mussten bei Tonhöchststand eingebaut werden, bevor die Vortriebsgeschwindigkeit wieder zu steigen begann.

Die TBM Nord kam Ende Oktober 2010 in der Wartungsbox an. Während der Vorbereitung für die Ausführung der Wartungsarbeiten unter atmosphärischen Bedingungen in der entwässerten Wartungsbox wurde ein Defekt im Dichtblock vor dem Schneidrad festgestellt. Vor dem Schneidrad wurde ein Hohlraum mit einer Länge von 1,8 m, einer Breite von 0,8 m und einer Höhe bis zu 7 m mit Fließsand entdeckt. Intensive Reparaturen wurden durchgeführt, um den Block zu

sanieren und nach einem Monat Verzögerung mit Wartungsarbeiten zu beginnen. Schließlich verließ die TBM Nord die Wartungsbox Ende Dezember 2010. Aufgrund der Erfahrungen, die man bei der TBM Süd mit dem Abbau und der Abfuhr des Tons und der Unterquerung der Schelde gesammelt hatte, war die Leistung der TBM Nord im Ton um 3 Ringe/Tag höher als die der TBM Süd.

Die Unterquerung der Schelde war geprägt von der geringen Mindestüberdeckung von 9,7 m und einem Flussbett, das Schlammablagerungen und dicke Schichten von gestörtem Sedimentboden enthielt. In Verbindung mit dem hohen Wasserdruck der Schelde führte dies zu einem sehr kleinen Abstand zwischen dem Mindeststützdruck der Bentonit-suspension und dem Ausbläserdruck, der am kritischsten Punkt des Querschnitts 0,35 bar

advance progress of the northern tunnel, from where most of the CP-works are started.

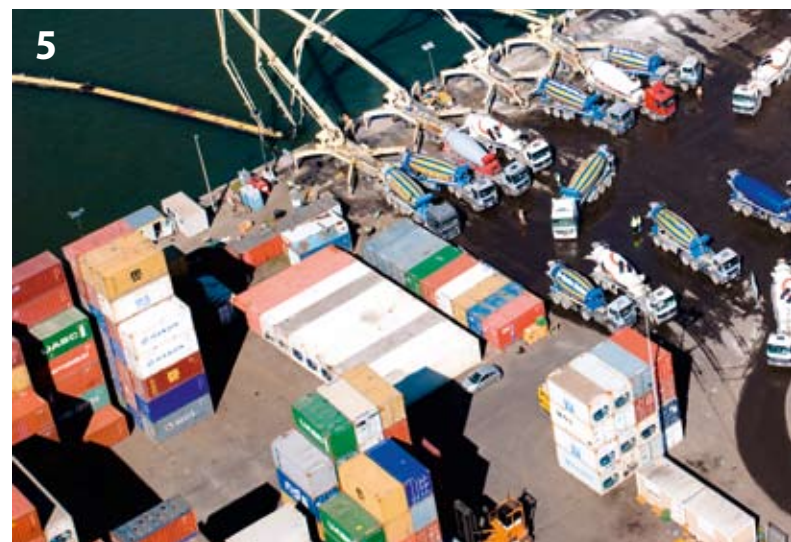
4 Passing the boom clay and crossing of the Schelde river

After a successful launching of both TBM the performance in

the tertiary sands quickly reached a satisfying level of up to 75 rings per TBM per week. After approx. 800 rings the TBM started touching the Boom Clay in the invert zone. The advance speed dropped down to sometimes 1 or 2 rings per day due to the high grade of plugging of clay on the cutting wheel (Fig. 3).

At ES07, the 4th evacuation shaft along the tunnel drives, situated just in front of the Scheldt dyke, LocoBouw had build a maintenance box to exchange the cutting tools of the 2 TBM and to prepare the TBM to pass the 10.00 m long Scheldt river. TBM South, which had overtaken TBM North due to the CP-“stop-and-go-modus” left the box after 3 weeks of intensive maintenance and started to pass the Scheldt river. A 100 rings with clay at the maximum level had to be passed before the advance speed started to increase again. Finally Boom Clay was left after 1,700 rings.

TBM North arrived in the maintenance box end of October 2010. During the preparation to start the maintenance works



Einbau von 30.000 m³ Bodenersatz im Canaldock

Pooling of 30,000 m³ mortar soil substitution in the canal dock

betrug. Hinzu kam, dass die Wasserstandsänderungen der Schelde, die von den Gezeiten der Nordsee beeinflusst wird, zu berücksichtigen waren. Alle 6 Stunden veränderte sich der Wasserstand der Schelde vom Niedrigwasserstand zum Hochwasserstand und umgekehrt. Die Höchststände verschieben sich pro Tag um eine $\frac{3}{4}$ -Stunde. Die regelmäßige Veränderung der Wasserstandes liegt zwischen +6,5 m TAW (Tweede Algemeene Wateraanpassing) und -1 m TAW, aber auch eine Springflut mit zusätzlichen 2 m war zu berücksichtigen. Als Folge des kleinen Abstands zwischen den entscheidenden Druckhöhen und dem schnellen Wechsel des Wasserdrucks musste der zur Stützung der Ortsbrust erforderliche Stützdruck der Bentonitsuspension von den Geräteführern sehr häufig angepasst werden (Bild 4).

Die Tunnelexperten von LocoBouw arbeiteten eine spezielle Methode aus, um auch bei dem sehr kleinen Sicherheitsspielraum eine sichere Unterquerung des Flusses zu gewährleisten. Die Schelde wurde in grüne, gelbe und rote Zonen eingeteilt, die sich auf den jeweiligen Schwierigkeitsgrad beziehen, mit dem jeweils besondere Maßnahmen verbunden waren. Mitte Februar 2011 schloss auch die TBM Nord die Unterquerung der Schelde erfolgreich ab, als sie die sichere Zone auf dem rechten Ufer erreichte, die die TBM Süd bereits in der zweiten Januarwoche 2011 erreichte hatte.

5 Unterquerung des Kanaldocks B1-B2

Den zweiten sehr kritischen Teil der Tunnelvortriebe stellte aufgrund der sehr geringen

Überdeckung von nur 1,1 m in Verbindung mit der Forderung des Auftraggebers, das Kanaldock jederzeit für den Schiffsverkehr freizuhalten, die Unterquerung des Kanaldocks B1-B2 dar. Die Steigung der Eisenbahngleise wurde so steil wie möglich vorgesehen, um die Tunnel so tief wie möglich zu halten. Trotzdem nimmt die Überdeckung zwischen dem Bett des Kanaldocks und der Tunnelrinne auf ca. 3 m ab. Da der im Kanaldock vorhandene Boden aus einer Schlamm-/Schluffschicht bestand, die bis maximal zur Tunnelachse herunterreichte, musste dieser Boden ersetzt werden.

Während der Ausführungsplanung schlug LocoBouw einen eindrucksvollen Alternativentwurf für den Bodenersatz in Kombination mit einer 2,1 m dicken stahlfaserverstärkten Unterwasserbetonplatte vor, um das vorläufige Verfüllen auf einen Mindestbereich zu reduzieren und das Sicherheitsniveau während der Unterquerung zu erhöhen. Anfang 2010 baute LocoBouw in einer Tiefe von 18 m unter dem Wasserspiegel 2 Reihen von Spundpfählen neben den Außenkanten der Tunneltrassen. Innerhalb der 270 m langen und 35 m breiten Spundwandbaugrube wurde der Schluff unter Wasser ausgehoben und durch 30.000 m³ Mörtel mit geringer Festigkeit ersetzt (Bild 5). Das Einbringen des Mörtels erfolgte an 4 Tagen rund um die Uhr mit einer Leistung von 400 m³/h, wofür 4 Mischanlagen und 120 Mischer im Einsatz waren. Nach dem Ersatz des Schluffs wurde eine 2,1 m dicke stahlfaserverstärkte Platte erfolgreich als Überdeckung auf dem Mörtel hergestellt. Das Betonieren des

under atmospheric conditions in the dewatered box, a failure in the sealing block in front of the cutting wheel was discovered. A cavern of 1.8 m length, 0.8 m width and up to 7 m height in front of the cutting wheel with flowing sand was discovered. Intensive repair work was done to refurbish the block and to start the maintenance works after a delay of 1 month. Finally the TBM North left the maintenance box by end of December 2010. With the experiences collected from TBM South regarding the manipulation of the clay and the crossing of the Scheldt river, TBM North advanced with additional 3 rings/day compared to the performance of TBM South in the Clay.

The Scheldt crossing was characterized by the low overburden of 9,7 m at the minimum and a river bed containing silt sedimentation and thick layers of disturbed sediment soil. In combination with the high water pressure of the Scheldt this led to a very small gap between the minimum slurry confinement pressure and the blow-up-pressure, with 0.35 bar at its most critical cross-section. On top, the water level variation of the Scheldt, linked to the tides of the North Sea had to be taken into account. Every 6 hours the level in the Scheldt changes from minimum to maximum level and back. The peaks shift per day by $\frac{3}{4}$ of an hour. The regular variation of the water level is between



ELKUCH BATOR

Tunnelnoren von Elkuch Bator.

Für höchste Anforderungen.
Strengstens erprobt.
Zum Beispiel am Lötschberg
und Gotthard Basistunnel.

Zur Sicherheit!



Tunnel Nord im Bereich des Querschlags 2, in dem Aushubarbeiten stattfinden
Tunnel north at cross passage 2 under construction

sehr empfindlichen Stahlfaserbetons wurde auch innerhalb von 4 Tagen mit einer Gesamtleistung von 290 m³/h durchgeführt. Das Einbringen sowohl des Mörtels als auch des Betons erfolgten über einen Ponton, der von den Dockufern aus versorgt wurde, zur Hälfte von einer Seite aus und zur Hälfte von der anderen Seite aus, nachdem die Zulaufrohre gedreht worden waren. Schließlich wurde an den Übergängen der Böschungen zur Stahlfaserplatte eine temporäre Aufschüttung mit zusätzlichem Ballast eingebracht. Die erste TBM hat die Unterfahrung des Canaldocks Ende März 2011 begonnen, nachdem bereits 4,9 km Tunnel aufgefahren wurden.

6 Querschläge

Wie bereits erwähnt, werden die Querschläge parallel zu den Tunnelvortrieben hergestellt. Dies erfordert besondere Lösungen und stellt hohe Anforderungen an die Organisation und Koordination der Arbeiten, um Störungen auf ein akzeptables Mindestmaß zu reduzieren. Alle Querschläge müssen innerhalb eines Frostkörpers hergestellt werden. Damit die Arbeiten an den Querschlägen beginnen können, ist bei jedem eine über 50 m lange Stahlplattform zu errichten, die es ermöglicht, dass die Nachschubmaterialien für die Vortriebsarbeiten diese Stellen ständig passieren. Der nördliche Tunnel muss regelmäßig

+6.5 m TAW (Tweede Algemeene Wateraanpassing) and -1 m TAW, but also a spring tide with 2 m in addition had to be considered. As a consequence of the small gap between the decisive pressure levels and the quick change of water pressure, the slurry confinement pressure to support the front face had to be adjusted with a high frequency by the operators (Fig. 4).

LocoBouw tunnelling experts worked out a special procedure to ensure a safe crossing of the river even with the very small safety margin. The Scheldt river was divided into green, yellow and red zones, related to their level of severity and special measures were linked to the level of severity. Mid of February 2011, TBM

North also finished successfully the Scheldt crossing by reaching the safe zone on the right bank, which was reached by TBM South in the second week of January 2011.

5 Passing of the Canaldock B1-B2

The second very critical part of the tunnel drives is the passage below the Canaldock B1-B2 due to the very low overburden of 1.1 m only, combined with the client's requirement to keep the Canaldock free for traffic all the time. The upward incline of the alignment of the rail tracks was designed as steep as possible, to keep the tunnels as deep as possible. Nevertheless, the cover between the bed of the Canal-

abgesperrt werden, damit die Plattformen eingebaut und die unteren Bohrungen für die Gefrierrohre durchgeführt werden können. In Zusammenarbeit mit Rodio, dem Nachunternehmer für die Bohrarbeiten, wurde ein spezieller Bohrmast entwickelt, mit dem sich mehr als die Hälfte der Bohrungen für die Gefrierrohre ausführen ließen, ohne dass sich Auswirkungen für die Tunnel-Lkw ergaben. Nach Fertigstellung der Bodenvereisung muss die aus speziellen Stahlbetontübbingungen bestehende Tunnelauskleidung geöffnet werden. Dann kann mit dem Aushub des 8 m Bereichs begonnen werden. Als vorläufige Sicherung wird zunächst

Spritzbeton eingebracht, bevor zur Gewährleistung der Wasserdichtigkeit ein Dichtungssystem eingebaut wird. Zum Schluss muss die hoch bewehrte Innenschale des Querschlags hergestellt werden. Die Gefrierrohre und die große Menge an Sohlenbewehrung in den Portalbereichen erfordern eine sehr professionelle Ausführung der Arbeiten, damit die Qualitätsanforderungen erfüllt und das Programm eingehalten werden können (Bild 6).

7 Verbindungsstollen zu den Rettungsschächten

Die Tunnelröhren müssen durch kurze, aber breite und

dock and the tunnel crown is reduced to approx. 3 m. Due to the fact that the current soil in the Canaldock consists of a silt layer, which reaches down to maximum the axis of the tunnel, this soil had to be substituted.

During detail design LocoBouw proposed a spectacular alternative design of the soil substitution combined with a 2.1 m thick steel-fiber-reinforced underwater concrete slab to reduce temporary backfill to a minimum section and to arise safety level during passage. In early 2010 LocoBouw constructed 2 rows of sheet piles besides the outer edges of the tunnel alignments in a depth of 18 m below water level. The silt inside the

sheet pile pit of 270 m length and 35 m width, was excavated under water and substituted by 30,000 m³ of a mortar with low strength (Fig. 5). The pouring of the mortar was done in 4 days all day and night with a performance of 400 m³/h, keeping 4 batching plants and 120 mixers busy. After the substitution of the silt a 2.1 m thick steel-fiber slab was casted in October 2010 successfully on top of the mortar as a cover. The very sensitive steel fiber concrete was also casted during 4 days with an overall average performance of 290 m³/h. Both pourings were done via a pontoon fed from the banks of the dock, half from one side and half after turning

**Bochumer Eisenhütte
Heintzmann**



since 1851

Bergbau, Tunnelbau – Mining, Tunnelling

TH-, GI-, HEB- und Sternprofile

TH-, GI-, HEB- and Star-Profile

2-, 3- und 4-Gurt-Gitterträger

2-, 3- and 4-bar Lattice Girder

Sonderkonstruktionen für Großräume

Special Construction for big excavation areas

Ankersysteme – Bolting System

Ankersysteme – Bolting System

Jackpots und Donuts – Jackpots and Donuts

Stachelemente – Stress Controller

Wärmebehandlung – Heat Treatment

NEW:

Verstellbarer, nachgiebiger Tübbingausbau

Yieldable, adjustable Tubbing Support

Visit us at WTC/Helsinki

20 – 26 May 2011,

Stand: at the booth of AFTES



HEINTZMANN | Group

Klosterstraße 46 . 44787 Bochum, GERMANY


Tel.: + 49 (0) 234 - 9118 - 0 . Fax: + 49 (0) 234 - 9118 - 228

www.be-heico.de . email: info@be-heico.de

hohe Verbindungsstollen mit den Rettungsschächten verbunden werden, die als rechteckige Schlitzwandschächte zwischen den Tunneln hergestellt wurden. Die 8 Schächte sind bis zu 40 m tief und innen nur 3,4 m breit. Der Bau der Verbindungsstollen erfolgt hauptsächlich in mit Zement-Bentonit-Blöcken verbesserten Böden mit einer geringen Festigkeit. Nur eine Verbindung zu einem Rettungsschacht wird im Schutze einer Bodenvereisung hergestellt.

Für den Stollenbau wird eine zunächst ca. 3 x 4 m große Öffnung in die 1,2 bis 1,5 m dicke Schlitzwand geschnitten, um den Stahlbeton zu entfernen. Dann erfolgt der Aushub des

fast 6 m hohen Stollens innerhalb eines Dichtblocks. Der Abstand zur Außenseite der Tunnelauskleidung beträgt ungefähr 0,55 m auf der Höhe der Tunnelachse und bis zu 1,7 m in der Tunnelsohle. Nach der Sicherung mit Spritzbeton wird die Tunnelauskleidung aufgeschnitten und teilweise entfernt. Im Endzustand stellt der Stollen eine Verbundkonstruktion aus Beton und Stahlprofilen dar.

Zurzeit wird an der Endkonstruktion von 2 erfolgreich geöffneten Rettungsschächten gearbeitet. Diese Rettungsschächte werden während der Bauzeit auch als Notausgänge genutzt (Bild 7). 

Rettungsschacht 5 im Tunnel Süd nach Öffnung
Tunnel south at evacuation shaft 5 after opening



the flowing pipes to the other side. Finally a temporary backfill with additional weight on top was installed at the change from the sloped bank to the steel fibre slab. The first TBM started the crossing of the Canaldock end of March 2011 after already 4.9 km of tunnelling.

6 Cross passages

As already mentioned, the CPs are constructed parallel with the tunnel drive works. This requires special solutions and high requirements on the organization and coordination of the works to reduce the interferences to an acceptable minimum. All CPs have to be constructed within a freezing body. At each CP a steel platform of more than 50 m has to be erected to start the works at the CPs and enable a permanent passing of tunnel logistics. The northern tunnel has to be blocked regularly to install the platforms and to execute the lower drillings of the freezing tubes. A special drill mast was developed together with the drilling subcontractor Rodio to perform more than half of the drillings of freezing tubes without any impact on the tunnel trucks. After the completion of the freezing of the soil, the tunnel lining, consisting from special reinforced concrete segments, has to be opened and the 8 m long excavation can start. Temporary shotcrete is applied before a sealing membrane system is applied to ensure water tightness. Finally the highly reinforced inner shell of the CP has to be constructed. Freezing tubes and a high amount of invert reinforcement in the portal areas require a very professional execution of the works to match the quality requirements and to stay within the program (Fig. 6).

7 Galleries to evacuation shafts

The tunnel tubes have to be connected to the evacuation shafts, constructed as rectangular shafts of diaphragm walls between the tunnels, by short but wide and high connection galleries. The 8 shafts are up to 40 m deep and only 3.4 m wide inside. The connection galleries are mainly done within treated soil by blocks of cement-bentonite with a low strength. Only 1 ES-connection will be done by freezing.

To construct the gallery, at first an opening of 3 x 4 m has to be cut into the 1.2 to 1.5 m thick d-walls to remove the reinforced concrete. Then the gallery excavation with a size of almost 6 m height has to be done within the water retaining sealing block. The distance to the external side of the tunnel lining is around 0.55 m in the tunnel axis level and up to 1.7 m in the invert. After protection with shotcrete, the tunnel lining is cut and partly removed. The final structure of the gallery is a composite construction of concrete and steel profiles.

At the moment 2 evacuation shafts are successfully opened and final structure is under construction. These evacuation shafts are used as emergency exits also during the construction time (Fig. 7). 