

## Netherlands Pays-Bas

The combination of length, depth water pressure and diameter is unique in Western Europe for tunnels constructed in soft soil

Dimensionnement (longueur, profondeur et diamètre) unique en Europe de l'Est pour les tunnels construits dans des terrains tendres

Longueur totale:	2 x 6.600 m
Diamètre:	intérieur 10,10 m, bouclier 11,33 m
Section excavée:	101 m <sup>2</sup>
Coût du gros œuvre:	1,6 milliard de florins (hors TVA)
Durée des travaux:	1998–2003
Date prévue de mise en service:	mars 2003

Le tunnel de Westerschelde reliera les Flandres zélandaises du sud des Pays-Bas au centre de la Zélande. Une fois le tunnel achevé, les deux liaisons actuelles par bac transbordeur seront supprimées.

Le tunnel de Westerschelde est constitué de deux tubes séparés dont chacun a deux voies d'une largeur de 3,5 m et d'une longueur de 6.600 m. Les tubes sont écartés d'environ 12 m et reliés par des intersections tous les 250 m. Ces intersections sont réalisées par creusement après congélation du sol.

Une grande partie du tunnel sera creusée à travers une couche d'argile dite de Boom. Ce type d'argile est extrêmement dense et n'est que faiblement perméable à l'eau. L'épaisseur de la couche varie de 8 à 38 m. Les couches de sable au-dessus et en-dessous de la couche argileuse sont extrêmement denses par endroits, et contiennent de la glauconie en d'autres endroits. Le point le plus bas du tunnel sera situé à une profondeur de 60 m sous NN (niveau moyen de la mer). La

pente maximale du tunnel est de 4,5 %.

Eu égard au sol tendre, à la pression d'eau élevée (jusqu'à 6 bars) et au risque d'adhérence de l'argile, le tunnel est creusé à l'aide d'un hydro-bouclier. Dans cette méthode, la terre excavée est mélangée à de la bentonite et de l'eau et pompée vers la surface. Les deux tubes du tunnel seront réalisés à l'aide de deux tunneliers, chacun d'une longueur de 185 m.

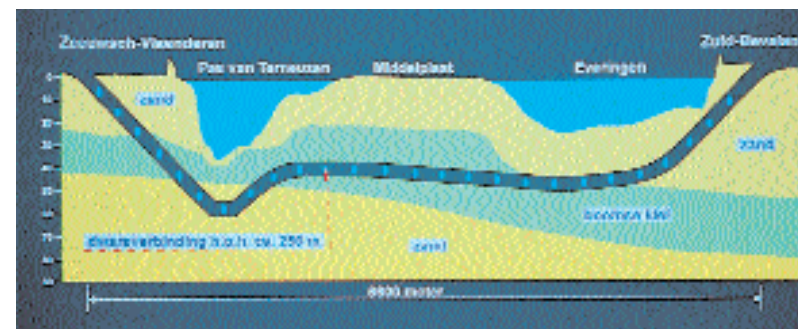
L'accès sud au tunnel a été construit dans un polder artificiel qui a été dégagé en utilisant des palplanches enfoncées dans la couche d'argile de Boom pour retenir les eaux affluentes. Au niveau de l'accès nord cependant la couche argileuse est trop profonde et l'on fera appel à un caisson de béton de 25 x 35 m qui sera immergé à environ 20 m au-dessous du niveau de la mer.

Des digues s'élevant à 6 m au-dessus du niveau de la mer protègent les deux accès du tunnel contre les eaux environnantes. Elles protègent également le polder dans



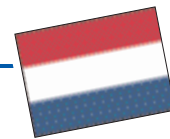
l'éventualité d'une inondation du tunnel.

Le perçage du tube est à partir de l'accès sud a commencé en juillet 1999. Le second tunnelier a commencé à creuser le tube ouest en fin septembre 1999. Après quelques contretemps au départ dus par exemple à un jeu de dents de coupe inapproprié, la vitesse de progression du premier tunnelier s'est normalisée, mis à part les interruptions occasionnelles. Actuellement, la marche quotidienne prévue de 12 m est faisable.



Le processus de construction est relativement complexe dans la mesure où les travaux subséquents les plus divers comme par exemple la construction des intersections et des conduits pour câbles et celle de la route qui traverse le tunnel, mais également la mise en place des installations électromécaniques, des drainages et des protections thermiques sont exécutés au fur et à mesure de l'avancement, c'est-à-dire immédiatement après la finition de chaque section du tunnel.

## Road Tunnels Tunnels routiers



Name of Project/Nom du projet  
The Westerschelde Tunnel

Location/Région  
Zeeland, The Netherlands

Tunnel Use/Destination du tunnel  
Road tunnel

Client/Maitre d'ouvrage  
The NV Westerschelde Tunnel

Consulting Engineer/Planification et direction des travaux  
Civil Engineering Division and Zeeland regional office of Rijkswaterstaat (the Dutch State Department of Public Works and Water Management)

Contractor/Exécution  
Kombinatie Middelplaat Westerschelde: BAM Infrabouw BV, Heijmans NV, Voormolen Bouw NV (all from the Netherlands), Franki NV (Belgium), Philipp Holzmann AG and Wayss & Freytag AG (Germany)

Total length:	2 x 6.600 m
Diameter:	10.10 m inside, shield diameter 11.33 m
Cross-Section:	101 m <sup>2</sup>
Roughwork Costs:	1.6 billion NLG (excluding VAT)
Construction Time:	1998 to 2003
Opened:	March 15, 2003

type of clay is very dense and has a low water permeability. The thickness of the stratum ranges from about 8 m to about 38 m. The sand strata above and below the clay are sometimes very dense and sometimes contain glauconite. The deepest point of the tunnel will be 60 m below Mean Sea Level. The maximum slope of the tunnel is 4.5 %.

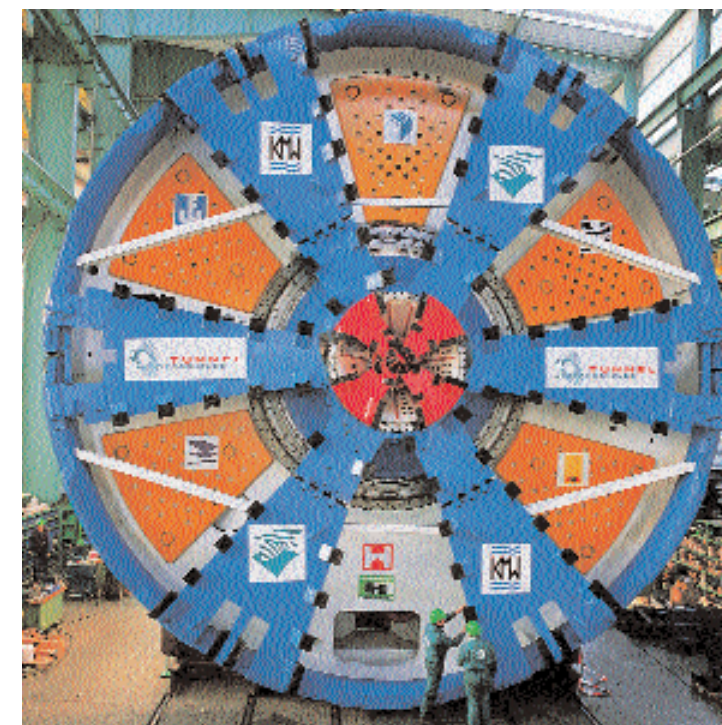
On account of the soft soil conditions, the large water pressure (up to 6 bar) and the risk of sticky clay, the tunnel is realised using the hydroshield method. In this process, the excavated soil is mixed with bentonite and water and pumped to the surface. The two tunnel tubes will be realised by two tunnel boring machines, each with a length of 185 m.

The southern tunnel access has been built in an artificial polder which has been created by driving sheet piling into the Boom clay stratum,

which will prevent the inflow of water. However, at the northern access, the Boom clay is too deep. Instead, a concrete caisson of 25 x 35 m will be sunk to approximately 20 m below sea level.

Dykes of 6 m above sea level protect both tunnel accesses against water in the surrounding polder. They also protect the polder should the tunnel by some misfortune be flooded.

Drilling of the east tube at the southern access started in July 1999. The second tunnel boring machine had started drilling the west tube by the end of September 1999. After some initial setbacks such as a wrong set of cutting teeth, the drilling speed of the first tunnel boring machine has picked up, apart from occasional interruptions. As time wears on, the estimated average daily rate of advance of 12 m will be feasible.



The Westerschelde Tunnel will connect Zeeland Flanders in the south of the Netherlands with Central Zeeland. After the tunnel has been completed, the two current ferry links will be discontinued.

The Westerschelde Tunnel has two separate tubes, each with two lanes 3.5 m wide and

a length of 6,600 m. The tubes are about 12 m apart and are linked by crosscuts every 250 m.

These crosscuts are created by freezing the ground, followed by digging.

A large part of the tunnel will be bored through the so-called Boom clay stratum. This