

Longueur totale: 2 x 8.200 m (7.100 m de tunnel percé par TBM, 2 x 125 m percés par la nouvelle méthode autrichienne, 600 m en tranchée ouverte, 9 stations souterraines et 10 puits)
Diamètre interne: 4,9 m, diamètre TBM 5,7 m
Section excavée: tunnel de roulage 25 m², sections nouv. méth. autr. jusqu'à 145 m²
Coût du gros œuvre: 3 milliards KRD
Durée des travaux: 1996–2001 (à l'exclusion de la pose des voies)
Date prévue de mise en service: 2002

Le métro de Copenhague constituera un système efficace de transports en commun et assurera, après sa mise en service, la liaison entre la ville nouvelle d'Ørestad et la partie ouest de Copenhague (Vanløse) d'une part et le centre ville de Copenhague d'autre part. Le métro fera appel à des rames entièrement automatisées, sans conducteur mais avec une équipe de service à bord pour assister les passagers. Les rames rouleront automatiquement à un intervalle de 100 s aux heures de pointe. Une rame est composée de 3 voitures d'une longueur de 39 m. Une fois achevée, la ligne transportera, selon les prévisions, de 70 à 80 millions de passagers par an.

Le tunnel de roulage a un diamètre interne de 4,9 m avec un trottoir d'urgence de 0,7 m. Les rames sont alimentées par un troisième rail de prise de courant situé à l'opposé du trottoir.

Neuf stations souterraines sont construites en tranchée ouverte en utilisant des murs de soutènement en

pieux sécants. Les pieux sécants constituent une partie de la structure permanente conçue pour absorber les pressions actives du sol avec une paroi interne faisant opposition à la pression de la nappe phréatique. Des puits d'évacuation d'urgence sont situés entre les stations de sorte que la distance maximale entre les sorties de secours est de 600 m. Cinq puits servent également de puits de ventilation. Les puits sont situés aux points les plus bas du tracé, et une station de pompage assure le drainage du tunnel.

Des 14 km actuellement en construction, 8 km sont sous terre et passent sous le quartier médiéval de la ville. Les tunnels sont percés à travers une couche de calcaire à 20–35 m sous le niveau de la chaussée. La surface de la couche de calcaire se trouve à environ 10 m sous le niveau du sol. La couverture est principalement composée de till argileux avec des sables et, au-dessus, d'une couche de 1 à 3 m de remblais artificiels. Le niveau de la nappe

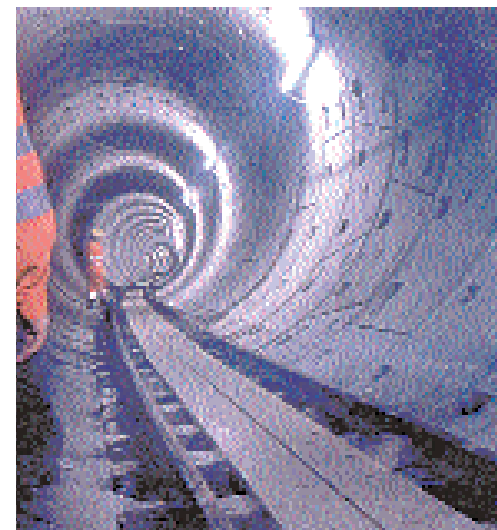


phréatique se trouve en général à 1 à 2 m sous le niveau de la surface. En vue de minimiser les tassements et les détériorations de pieux anciens en bois ou des fondations en pierre, aucune baisse de niveau de la nappe phréatique n'est autorisée pendant les travaux ou lorsque le métro sera en service.

On a opté pour des machines opérant à pression de terre pour pouvoir se conformer à l'exigence de maintien du niveau de la nappe phréatique et pour limiter les tassements dans les zones où les

TBM devraient creuser en terrain sans couverture de calcaire ou à couverture limitée.

La nouvelle méthode autrichienne a été mise en œuvre avec succès pour deux chambres de bifurcation d'une section de 130 m² et pour un passage souterrain d'une section de 145 m², ainsi que pour les excavations dans le calcaire dans la partie inférieure des neuf puits. Le niveau de la nappe phréatique a été maintenu par une combinaison de mesures d'égouttage et de remise à niveau.



Name of Project/Nom du projet
Copenhagen Metro

Location/Région
Copenhagen, Denmark

Tunnel Use/Destination du tunnel
Metro

Client/Maitre d'ouvrage
Ørestadsselskabet I/S

Consulting Engineer/Planification et direction des travaux
COWI Consulting Engineers & Planners AS

Contractor/Exécution
Comet, Copenhagen Metro Construction Group
Tarmac Construction Ltd.; SAE International;
Bachy Soletanche Ltd.; Ilbau Gesellschaft mbH;
NCC Rasmussen & Schiøtz Anlæg A/S; Astaldi S.p.A.

Total Length: 2 x 8,200 m (7,100 m TBM bored tunnel, 2 x 125 m NATM tunnel, 600 m cut & cover tunnel, 9 underground stations and 10 shafts)

Diameter: 4.9 m inside, TBM diameter 5.7 m
Cross-Section: Running tunnel 25 m², NATM sections up to 145 m²

Roughwork Costs: 3 billion DKK

Construction Time: 1996 to 2001 (exclusive of railway installations)

Opening (scheduled): 2002

The Copenhagen Metro will form an efficient public transport system connecting the new town development area Ørestad and the western part of Copenhagen (Vanløse) with the city centre of Copenhagen. The Metro will consist of fully automated trains without a driver but with service staff on board to assist passengers. The trains will run at 100 seconds intervals during peak hours. The trains consist of 3 cars of 39 m length. When fully developed, the passenger forecast is between 70 and 80 million per year.

The running tunnel has an internal diameter of 4.9 m with a 0.7 m emergency walkway. The train is powered by a third rail located opposite the walkway.

There are 9 underground stations construct-

ed as cut and cover stations with retaining walls of secant piles. The secant piles form part of the permanent structure designed for the active ground pressure with an inner wall designed to cope with the groundwater pressure. Between the stations, emergency shafts are located ensuring a maximum distance of 600 m between emergency exits. 5 shafts also serve as ventilation shafts. The shafts are located at the low points of the alignment and house a pump sump for tunnel drainage.

Of the 14 km presently under construction, 8 km is underground passing under the medieval part of the city. The tunnels are bored through the limestone about 20 to 35 m below street level. The limestone surface is located approx. 10 m below ground level. The overburden consists mainly of clay, till with sand and on top 1 to 3 m recent deposits of fill

and man-made ground. The groundwater level is generally 1 to 2 m below ground level. In order to minimise settlements and deterioration of old timber piles or rock stone foundations groundwater lowering is not allowed during the construction and operation of the Metro.

EPB's machines were chosen in order to cope with the requirement of not lowering the groundwater table and in order to limit settlements in areas where the TBMs may tunnel with no or a limited limestone cover.

The NATM tunnelling technique has been successfully used for two bifurcation chambers, cross-sections 130 m², an underground crossover, cross section 145 m², and for limestone excavation of the lower part of the 9 shafts. The groundwater table has been maintained through a combination of dewatering and recharging.