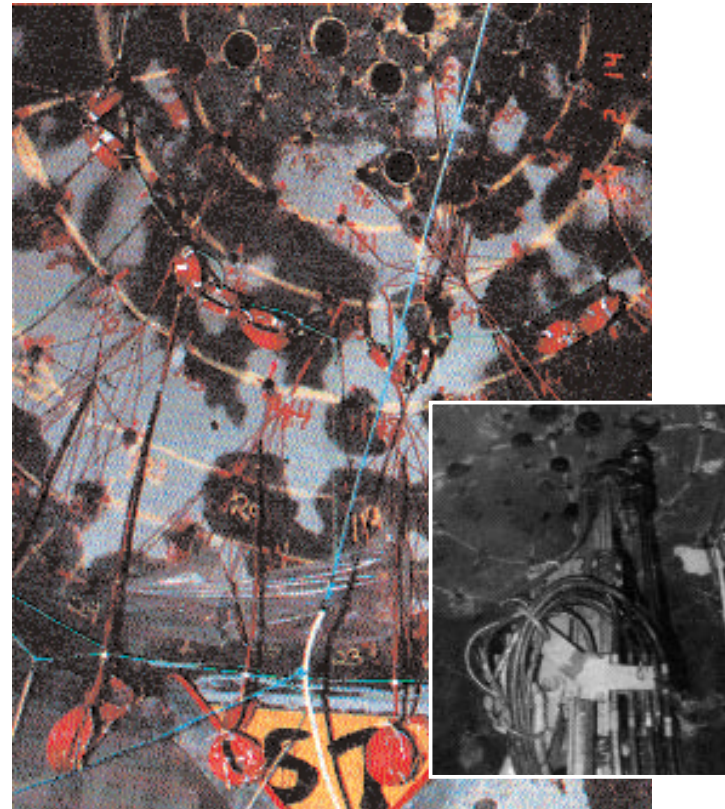




This shore approach tunnel project included extreme challenges, new technical solutions, pioneer work and world records

Tunnel de liaison avec la côte construit dans des conditions extrêmement difficiles exigeant des innovations techniques; travail de pionnier et record mondial

Montant du contrat: 450 millions KRN  
Durée des travaux: novembre 1991 à novembre 1995  
tunnel prêt pour la pose des gazoducs en juin 1994



En 1979, la Norske Shell a trouvé le plus grand gisement de gaz d'Europe en Mer du Nord, à 70 km au nord-ouest de Bergen en Norvège. La mise en place des installations d'exploitation a commencé en 1989. En 1996, les travaux d'un montant total de 35 milliards de KRN étaient achevés et on a commencé à acheminer le gaz du "Troll" vers l'Europe. On estime que le gisement pourra être exploité pendant 50 ans environ.

Les gaz riches en hydrocarbures liquides proviennent de la plate-forme haute de 430 m érigée au-dessus du gisement du Troll, et est conduit par trois gazoducs d'adduction d'un diamètre de 36 vers la station de traitement de Kollsnes. Après traitement, le gaz est acheminé par des gazoducs d'exportation vers Emden et Zeebrügge d'où il est distribué en Europe.

En raison de la topographie difficile et des fonds escarpés et inégaux à l'approche de la côte, les gazoducs d'adduction et d'exportation ont été posés dans un

système de tunnels sur les derniers 3,6 km jusqu'à la station de traitement.

Le système de tunnels d'une longueur de 7.500 m et d'une section variant de 50 m<sup>2</sup> à 110 m<sup>2</sup> a été creusé sur une distance de 3,6 km au large dans la Mer du Nord. La cote la plus basse se trouve à 240 mètres sous le niveau de la mer. Le système complet excavé dans une formation de gneiss comprenant des zones poreuses avec de l'argile gonflante a été achevé en 21 mois.

Dans la zone de creusement, trois puits d'une section de 35 m<sup>2</sup> et d'environ 30 m de longueur ont été excavés jusqu'à ce qu'il subsiste une épaisseur de terrain de 5-6 m entre le tunnel et 170 m de mer. Les puits ont été creusés par fonçage longitudinal, à l'aide d'explosifs standard et de matériel Alimak pour le chargement, le nettoyage et le soutènement.

Dans la partie supérieure des puits, des cônes d'acier d'environ 20 t ont été mis en place avec une tolérance de 2,5 mm. Les cônes d'acier ont

été ancrés dans la roche et cimentés lors du bétonnage destiné à l'installation ultérieure du faisceau de conduites ascendantes.

Plus loin dans le tunnel, des bouchons de béton de 5 m d'épaisseur et des trous d'homme d'un diamètre de 1,5 m ont été installés pour l'isoler contre la Mer du Nord au moment du tir de perçement final du fond.

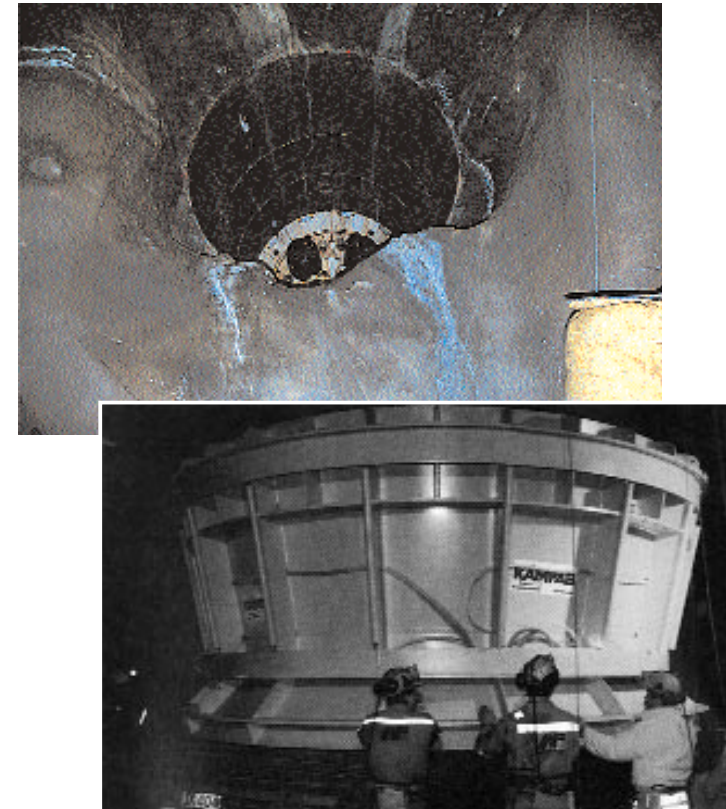
Le forage pour l'explosion finale a été réalisé en partant d'au-dessus du cône d'acier et à l'aide d'une tour de forage spécialement conçue assise sur trois poutres d'acier. Les performarteaux Cop 1238 ont été alimentés hydrauliquement à partir du fond du tunnel situé à 40 mètres plus bas. Chaque tir s'étendait sur environ 210 trous de mine forés se terminant à 30 cm sous le niveau de la mer et huit trous de 6 découpés se terminant à 60 cm sous le niveau de la mer. Les explosifs utilisés ont été spécialement conçus par Dyno Nitro Nobel pour une mise à feu non électrique. Pour chaque volée ont été mis en œuvre environ 1.500

kg d'explosif. Les tirs ont nécessité de grandes précautions du fait de la présence des structures d'acier, des valves bétonnées etc. situés à seulement 2-3 m au-dessous.

Les tirs finaux ont été exécutés par un puits partiellement rempli d'eau et avec une surpression de 13 bars.

Les trois tirs ont percé le fond de la Mer du Nord à des profondeurs d'eau de respectivement 168,5 m, 161 m et 157,5 m.

Les faisceaux de conduites ascendantes ont été abaissés dans les puits en utilisant des fils guides jusqu'à ce que le cône 'mâle' pré-installé au fond du faisceau de conduites ascendantes vienne s'encastrent correctement dans le cône 'femelle' installé dans les puits. Le faisceau de conduites ascendantes a alors été cimenté dans les puits à l'aide du système de bétonnage à l'arrière du bouchon de béton. La zone de percement a alors été purgée. Après scellement complet de la zone de percement, la pose des gazoducs dans le tunnel a pu commencer.



Name of Project/Nom du projet  
Troll Phase I – Landfall Tunnel Kollsnes

Location/Région  
Kollsnes, Norway

Tunnel Use/Destination du tunnel  
Shore approach for 3 import and 2 export pipelines for gas

Client/Maitre d'ouvrage  
AS Norske Shell

Consulting Engineer/Planification et direction des travaux  
AF Spesialprosjekt as

Construction Cost: NOK 450 mill.  
Construction Time: November 1991 till November 1995  
Tunnel ready for pipe installation in June 1994

In 1979 Norske Shell found Europe's biggest gas field in the North Sea 70 km north west of Bergen in Norway. The field development started in 1989, and the NOK 35 billion project was completed in 1996 when the first Troll gas was sent to Europe. The gas field is estimated to last for about 50 years.

The wet gas comes from the 430 m high platform at the Troll field through three 36 import pipelines to the gas treatment plant at Kollsnes. After treatment, the gas is sent through two 40 export pipelines to Emden and Zee-

brugge for further distribution throughout Europe.

Due to difficult topography and a steep and uneven seabed at the shore approach, the import and export pipelines pass through an underwater tunnel system over the last 3.6 km to the plant.

The tunnel system of 7,500 m with cross-sections varying between 50 m<sup>2</sup> and 110 m<sup>2</sup> was driven 3.6 km out in the North Sea. The lowest point is 240 m below sea level. The complete tunnel system, excavated in gneissic rock containing weakness zones with swelling clay, was completed in 21 months.



In the excavation area, three shafts with cross-sections of 35 m<sup>2</sup> and approx. 30 m length were executed until 5-6 m of rock was left between the tunnel crew and 170 m of ocean. The shafts were excavated using long hole drilling, standard explosives and Alimak shaft equipment for charging, cleaning and rock support.

On top of the shafts, steel cones of approx. 20 t were installed with a tolerance of 2.5 mm. The steel cones were bolted to the rock and concreted together with the concreting system to be used for the following gas pipeline riser bundle installation. Further back in the tunnel, 5 m thick concrete plugs and manholes with 1.5 m diameter were installed to keep the North Sea out from the tunnel system when breaking through the seabed with the final blasts.

The drilling for the final blasts was performed from above the steel cone using a specially designed drilling rig, placed on three beams. The COP 1238 drilling hammers were hydraulically fed from the tunnel floor 40 m below. Each

blast contained approx. 210 drilling holes ending 30 cm below sea level and eight 6 cut-holes ending 60 cm below sea level. The explosives used were specially designed by Dyno Nitro Nobel and non-electric ignition was used. Each blast contained approx. 1,500 kg of explosives and had to be blasted carefully due to steel constructions, concreting valves etc. only 2-3 m below. The final blasts went off with partially water-filled shaft and an over-pressure of 13 bar. The three blasts broke through the North Sea seabed at 168.5, 161 and 157.5 m waterdepth.

The riser bundles were lowered into the shafts using guide wires until the "he"-cone pre-installed in the bottom of the riser bundle landed safely in the "she"-cone pre-installed in the shaft. The riser bundles were thereafter concreted in the shafts using the concreting system coming from behind the concrete plug. The excavation area was then drained, entered and after ascertaining that the area was completely sealed, the pipe installation in the tunnel could start.