



© Smet Tunneling

Helemaal vooraan bij het boorschild bevindt zich het boorrad. De ronddraaiende schijf is voorzien van snijtanden of rolbeitels. Deze tanden malen de grond of rots weg. De keuze van het type boorrad, snijtanden of rolbeitels wordt bepaald door de geologie van de bodem.

Complètement à l'avant, se trouve la roue de forage. Le disque tournant est pourvu de dents ou de burins. Ces dents broient la terre ou la roche. Le choix du type de couronne de forage, du type de dents de coupage ou du type de burins est déterminé en fonction de la géologie locale.

LORSQUE LES TRANCHÉES NE SONT PAS UNE OPTION

La technologie de pointe souterraine des fonçages

Quelqu'un qui pense à des travaux d'égouttage peut s'en faire une idée relativement détaillée. Un certain nombre de routes sont fermées - trop longtemps - des tuyaux et des chambres de visite attendent le long de la route, une équipe d'ouvriers. Avec un matériel impressionnant, ils creusent une tranchée et posent les tuyaux et les chambres de visite, pour ensuite refermer cette même tranchée très soigneusement et recommencer quelques mètres plus loin. Mais creuser une tranchée n'est parfois tout simplement pas possible. Il suffit simplement de penser à réaliser une section d'égouts sous un canal ou une rivière. Dans ce cas, il faut faire appel à des techniques dites sans tranchée. Dans cet article, nous nous penchons sur la technique du microtunnelage avec marinage hydraulique, également appelée tout simplement «fonçage». La technique exige le meilleur des parties concernées et surtout le meilleur des tuyaux en béton utilisés.

De ondergrondse spits-technologie van doorpersingen

TECHNIEKEN EN BEGRIPPEN

Wie aan rioleringswerken denkt, kan zich daar een vrij gedetailleerd beeld bij vormen. Een aantal wegen wordt - te lang - afgesloten, buizen en putten langs de weg wachten op een ploeg arbeiders. Met indrukwekkend materieel graven zij een sleuf en installeren zij de buizen en de putten om vervolgens de sleuf weer aan te vullen en enkele meters verder opnieuw te beginnen. Maar het graven van een sleuf is soms eenvoudigweg niet mogelijk. Denk maar aan het realiseren van een rioolstreng onder een kanaal of rivier. In dat geval beroept men zich op zogenaamde sleufloze technieken. In dit artikel gaan we in op de microtunnelling-techniek met hydraulisch grondtransport, kortweg ook 'doorpersingen' genoemd. De techniek vergt het uiterste van de betrokken partijen en niet in het minst van de gebruikte betonnen buizen.

De term microtunnelling-technieken verwijst naar het feit dat men als het ware een kleine tunnel creëert. De technieken worden toegepast bij het sleufloos aanleggen van afvalwatercollectoren, rioleringen, mantelbuizen, kabel- en/of leidingentunnels en in- of effluentleidingen naar een kanaal of naar open zee. Een boormachine en hoogperformante boorbuizen (doorpersbuizen) van gewapend beton worden door middel van zware hydraulische vijzels doorheen de grond geperst. Microtunnelling wordt vandaag aangewend voor buizen met een inwendige diameter van 400mm tot en met 3500 mm. ▶

Le terme «techniques de microtunnelage» réfère au fait que l'on crée un petit tunnel. Ces techniques sont utilisées pour la pose sans tranchées de collecteurs d'eaux usées, d'égouts, de fourreaux, de chemins de câbles, de tuyaux et/ou des conduites d'effluents vers un canal ou une mer ouverte. Une machine de forage et des tuyaux de fonçage à haute performance (tuyaux de fonçage) en béton armé sont forcés au travers du sol grâce à de lourds vérins hydrauliques. Le microtunnelage est aujourd'hui utilisé pour des tuyaux de diamètre intérieur allant de 400 à 3500 mm.

Les tunnels de diamètre supérieur à 3500 mm, pour le métro ou les chemins de fers, les puits de tuyaux, le stockage en sous-sol ou transport logistique

sont exécutés avec des techniques de forage analogues. Dans ce cas, la paroi du tunnel n'est pas réalisée avec des tuyaux mais au moyen de segments de tunnel en béton armé. Des exemples en sont la liaison Nord-Sud de l'Antwerpen Dam à la Gare Centrale, le tunnel Diabolo sous l'aéroport de Zaventem et le tunnel Liefkenshoek qui relie les deux rives de l'Escaut à Anvers.

SAVOIR-FAIRE BELGE

Les entreprises belges spécialisées dans le microtunnelage et les techniques concernées sont réputées jusqu'en dehors de l'Europe. Elles ont pu accumuler une expérience considérable, grâce à la complexité de la géologie du sous-sol belge et la densité de l'urbanisation. Un exemple est le pré-métro d'Anvers, où, au centre-ville, des

centaines de mètres de fonçage pour toitures parapluie ont été réalisés. Lors de la pose des collecteurs d'Aquafin dans les centres historiques de Gand, Louvain, Anvers, Courtrai... des obstacles souterrains d'anciennes constructions ont été rencontrés. Des forages ont eu lieu au travers des formations rocheuses de Liège et ses environs, dans les gravières de la Meuse au Limbourg, dans les couches d'argile de Boom, Hemiksem et Kruibeke, mais aussi dans les tourbières molles du triangle Rotterdam - Utrecht - Amsterdam aux Pays-Bas.

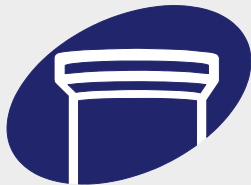
MICROTUNNELAGE AVEC MARINAGE HYDRAULIQUE

Cette méthode horizontale peut être appliquée tant au-dessus que sous la nappe phréatique. Le coûteux drainage de l'eau souterraine n'est pas nécessaire ▶



Smet Group
Kastelsedijk 64
2480 Dessel
0032 14 38 96 96
www.smetgroup.be

Smet-Tunnelling nv:
- buisdoorpersingen
- rioolrenovatie



TUBOBEL

info@tubobel.be

www.tubobel.be



Oplossingen in beton
Solutions en béton

► Tunnels met inwendige diameter groter dan 3500 mm voor metro of spoorwegen, leidingenkokers, ondergrondse opslag of logistiek transport worden met analoge boortechneken aangelegd. Hier wordt de tunnelwand echter niet gerealiseerd door middel van buizen maar door tunnelsegmenten in gewapend beton.

Voorbeelden hiervan zijn de Noord-Zuid verbinding van Antwerpen Dam naar het Centraal Station, de Diabolo-tunnel onder de luchthaven in Zaventem en de Liefkenshoek-spoortunnel die beide Schelde-oeveren in Antwerpen verbindt.

BELGISCHE KNOW-HOW

De Belgische ondernemingen die gespecialiseerd zijn in microtunneling en de daarop gebaseerde technieken hebben een reputatie tot buiten

Europa. Zij hebben dankzij de complexe Belgische geologie en dichte bebouwing heel wat ervaring kunnen verwerven. Een voorbeeld is de premetro in Antwerpen, waar in de binnenstad honderden meters doorpersingen voor zogenaamde buizendaken werden aangelegd. Bij de plaatsing van de Aquafin-collectoren in de historische binnensteden van Gent, Leuven, Antwerpen, Kortrijk,... kreeg men te maken met ondergrondse hindernissen van voormalige bebouwing. Er werd geboord doorheen de rotsformaties van Luik en omgeving, in het grind van de Maas in Limburg, in de kleilagen van Boom, Hemiksem en Kruibeke maar ook in de slappe veenlagen in de driehoek Rotterdam-Utrecht-Amsterdam in Nederland.

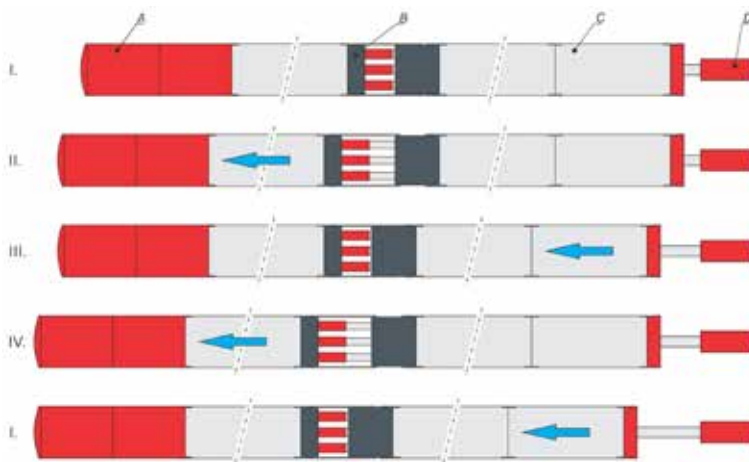
MICROTUNNELING MET HYDRAULISCH GRONDTRANSPORT

Deze horizontale methode kan toegepast worden zowel boven als onder de grondwaterspiegel. Een dure grondwaterbemaling is bij deze techniek niet noodzakelijk en de daarmee gepaard gaande mogelijke schade blijft achterwege. Het kruisen van de bestaande infrastructuur, zoals kanalen, rivieren, (snel-)wegen, spoorwegen, kabelbanen en leidingen, kan met deze techniek veilig worden uitgevoerd terwijl de bovenliggende infrastructuur haar functie kan blijven vervullen.

Het principe is eenvoudig. Er worden twee putten gerealiseerd, een vertrek- of persput en een aankomst- of ontvangstput. Beide putten zijn uiteraard dieper dan de te kruisen objecten. In de vertrekput worden hydraulische vijzels

Het verder duwen in deellengten via tussendrukstations vergt minder perskracht dan het duwen van de volledige streng. De beweging van de buizen is als het ware vergelijkbaar met de voortbeweging van een rups. Nadat de tunnel volledig klaar is, worden de vijzels in de tussendrukstations gerecupereerd en worden de stations dichtgedrukt.

Pousser par sections partielles par des stations de poussée intermédiaires demande moins d'énergie que pousser l'ensemble du brin. Le mouvement des tuyaux ressemble ainsi à la façon d'avancer d'une chenille. Lorsque le tunnel est entièrement terminé, les vérins des stations intermédiaires sont récupérés et les stations sont refermées par fonçage.



► avec cette technique, qui évite ainsi de possibles dégâts ultérieurs. Croiser l'infrastructure existante, comme les canaux, les rivières, les (auto)routes, les chemins de fer, les chemins de câbles et les conduites, peut être exécuté en toute sécurité avec cette technique, tandis que l'infrastructure au-dessus peut continuer à remplir sa fonction.

Le principe est simple. Deux fosses sont creusées, un puits de départ, ou puits de fonçage et un puits d'arrivée ou de réception. Les deux puits sont évidemment plus profonds que les infrastructures à croiser. Dans le puits de départ, des vérins hydrauliques sont installés. Un tunnelier est descendu dans le puits de départ et forcé au moyen des vérins dans la direction du puits de réception. Ensuite, les tuyaux

sont descendus un à un et poussés. Le tunnelier broie le sol et le mélange à un fluide de transport, souvent de la bentonite, pour qu'il puisse être évacué par pompage. L'espace nécessaire aux tuyaux est ainsi creusé. Lorsque le tunnelier atteint le puits de réception, il est hissé vers la surface. Ce qui reste ce sont deux puits, avec, entre les deux, une conduite foncée.

geïnstalleerd. De boormachine wordt in de startput naar beneden gelaten en door middel van de vijzels in de richting van de ontvangstput geperst.

Vervolgens worden de buizen één voor één naar beneden gelaten en doorgeperst. De boormachine vermaalt de bodem en mengt die met een transportvloeistof, vaak bentoniet, zodat die weggepompt kan worden. Op die manier ontstaat de ruimte die ingenomen wordt door de buizen. Wanneer de boormachine in de ontvangstput aankomt, wordt die terug naar boven gehesen. Wat achterblijft zijn twee putten met daartussen een geperste leiding.

Het boren van de tunnel

Het boorschild, de eigenlijke boormachine zeg maar, bestaat uit een beweegbaar deel en een vast deel. In

tegenstelling tot wat men vaak denkt, gaan doorpersingen niet gewoon rechtdoor maar kan er een tracé met de nodige bochten afgelegd worden. Om die bochten en stuurcorrecties te verwezenlijken, bevinden zich tussen de twee delen 3 of 4 hydraulische stuurvijzels. Bij elke hoekverdraaiing wordt de waterdichtheid tussen het beweegbare en het vaste deel gegarandeerd via een speciale dichting in de zogenaamde stuurvoeg.

Het voorste, beweegbare, deel bestaat ook uit twee delen. Helemaal vooraan bevindt zich het boorrad. Het is een ronddraaiende schijf die voorzien is van snijtanden of rolbeitels. Die zijn uitwisselbaar bij slijtage en aanpasbaar naargelang de bodemgesteldheid. Deze tanden malen de grond of rots weg zoals de boor van een handboormachine de muur verbrijzelt bij het

boren van een gat. De keuze van het type boorrad, snijtanden of rolbeitels wordt voor het aanvatten van de boorwerkzaamheden bepaald aan de hand van de geologie. Het spreekt voor zich dat een gedegen grondonderzoek vooraf beschikbaar moet zijn! Achter het boorrad bevindt zich een breekruimte. In deze breekruimte worden de losgeboorde bodemdelen, hindernissen en harde insluitsels verder gebroken en gekalibreerd. Via de injectieopeningen in de breekruimte wordt de transportvloeistof geïnjecteerd waardoor een verpompbaar mengsel ontstaat, de boorspecie genoemd. De breekruimte is dus steeds gevuld met grond die in plastische toestand werd gebracht.

Op ieder moment moet een vooraf berekend evenwicht aan het boorfront in stand worden gehouden, zodat zettingen aan het maaiveld tot een

Le creusement du tunnel

Le bouclier – la machine de forage en fait – est constitué d'une partie mobile et d'une partie fixe. Contrairement à ce que l'on pense souvent, les fonçages ne sont pas simplement droits, mais un tracé avec des courbes nécessaires peut être réalisé. Pour réaliser ces courbes et les corrections de direction, entre les deux parties se trouvent 3 ou 4 vérins de direction hydrauliques. Pour garantir l'étanchéité à l'eau, à chaque changement de direction, entre la partie mobile et la partie fixe, une étanchéité spéciale est mise en place dans ce qu'on appelle le joint de guidage.

La partie mobile avant comporte également deux parties. Complètement à l'avant, se trouve la roue de forage. Il s'agit d'un disque tournant pourvu de dents ou de burins remplaçables après usure ou adaptables à l'état du sol. Ces dents broient la terre ou la roche, comme la mèche d'une foreuse à main broie le mur lors du forage. Le choix du

type de couronne de forage, des dents de coupage ou burins est déterminé avant le début des travaux de forage en fonction de la géologie locale. Il est évident qu'une étude approfondie du sol doit être disponible à l'avance ! A l'arrière de la couronne de forage se trouve un espace de broyage. Dans celui-ci, les morceaux de sol enlevés, obstacles et inclusions dures sont broyés et calibrés. Par les trous d'injection de l'espace de broyage, le fluide de transport est injecté, de sorte qu'un mélange pompable se forme, appelé 'boue de forage'. L'espace de broyage est donc toujours rempli de terre amenée à l'état plastique.

A chaque instant, un équilibre calculé au préalable, doit être maintenu sur le front de taille, de sorte que les tassements au niveau de la surface soient les plus réduits possibles. L'opérateur interprétera et contrôlera l'équilibre au front de taille en fonction du couple de rotation sur la couronne de forage, la pression sur le front de taille et les

débits et pressions dans les conduites d'arrivée et de retour.

Dans la partie arrière fixe du bouclier de forage, se trouvent le moteur hydraulique de propulsion de la couronne de forage, les vannes dites de by-pass et la cible électronique. A l'arrêt du processus de forage les vannes d'arrivée et de retour sont fermées par les vannes de by-pass, de sorte que le front de taille reste tout le temps soutenu par la boue de terre dans la chambre de forage. Pendant le montage des éléments de tuyaux ou en dehors des heures de travail, l'appareillage peut être coupé sans que le front de taille ne soit en danger.

Pendant le forage, la boue est pompée à la surface où le fluide de transport est récupéré. Le débit en est réglé sur les quantités de terre extraites.

Depuis le poste de commande ou poste de conduite, toutes les fonctions clé du système de forage sont surveillées

absoluut minimum beperkt worden. De operator zal de evenwichtstoestand aan het boorfront interpreteren en controleren in functie van het aandrijfkoppel op het boorrad, de druk op het boorfront en de debieten en drukken in de aan- en afvoerleidingen.

In het achterste, vaste, gedeelte van het boorschild bevinden zich de hydraulische aandrijfmotor van het boorrad, de zogenaamde bypass-kranen en de elektronische target. Bij stilstand van het boorproces wordt door middel van de bypass-kranen de aan- en afvoerleiding in het vaste gedeelte van het boorschild afgesloten, zodat het boorfront steeds ondersteund blijft door de grondspecie in de boorkamer. Bij het monteren van buiselementen of buiten de werkuren kan de apparatuur uitgeschakeld worden zonder dat het boorfront in gevaar komt.

Tijdens het boren wordt de boorspecie naar het oppervlak gepompt waar de transportvloeistof wordt gerecupereerd. Het debiet wordt daarbij afgestemd op de hoeveelheden afgeboorde grond.

Vanuit de bedienings- of stuurcontainer worden alle sleutelfuncties van het boorsysteem bewaakt en waar nodig bijgestuurd. Tevens worden de positiebepaling van het boorschild, de persdrukken, de aan- en afvoerdebieten, de stand van de stuurvizels en de stand van de kleppen continu weergegeven en door de computer geregistreerd.

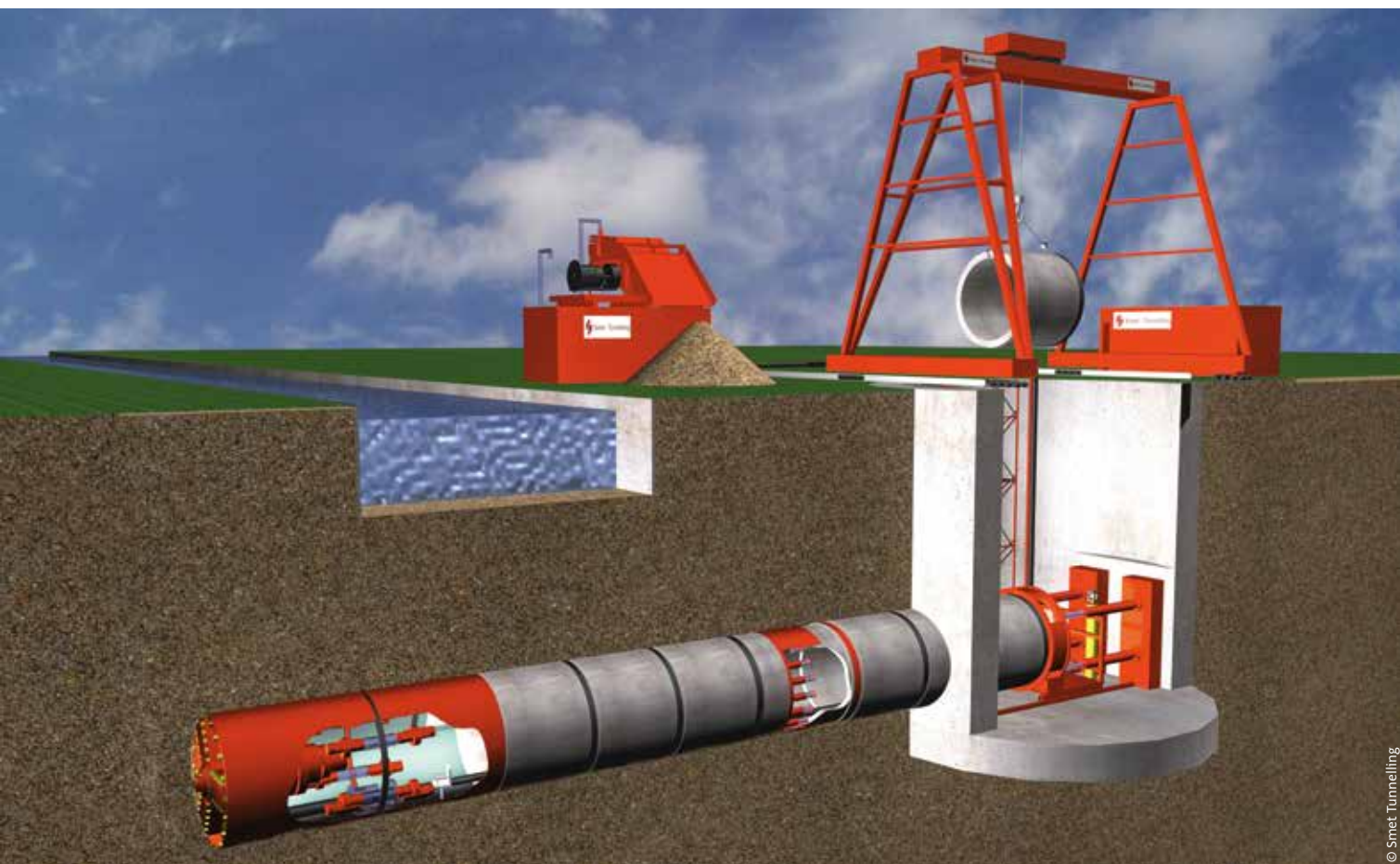
Hydraulische kracht

De boormachine zorgt voor het tot stand komen van de opening, maar het is de persinstallatie die ervoor zorgt dat deze machine voorwaarts beweegt.

De persinstallatie bestaat uit een compact frame met daarop een aantal hydraulische cilinders en een stalen drukverdeling. Het frame wordt in de persput opgesteld en maatnauwkeurig

Het principe van de tussendrukstation - Tussendrukstations zijn speciale buizen. Eén of meerdere tussendrukstations kunnen op vooraf berekende locaties in de tunnel aangebracht worden. Wanneer tijdens het persen de maximaal toelaatbare perskracht op de doorpersbuis door het hoofdpersstation wordt bereikt, dan zal men een tussendrukstation inschakelen. De tussendrukstations verdelen de totale tunnallengte in een aantal deellengten.

Le principe de la station de poussée intermédiaire - Des stations intermédiaires sont des tuyaux très spécifiques. Une ou plusieurs stations intermédiaires peuvent être utilisées lors du fonçage à des endroits préétablis. Lors du fonçage, dès que la puissance maximale permise de poussée sur le tuyau est atteinte dans la tête de fonçage, il est alors nécessaire d'utiliser une station intermédiaire de fonçage.



© Smet Tunneling

uitgelijnd. De persinstallatie wordt met hydraulische slangen verbonden met de bovengronds naast de persput opgestelde bedieningsunit. De hydraulische cilinders worden bediend door een hydraulische pompgroep die zich in of nabij de bedieningsunit bevindt.

Aan de achterzijde van de persinstallatie is een drukverdeelwand (afduwmassief) aangebracht. Met de schachtwand van

de persput en de achterliggende grond als reactielichaam, oefenen de hydraulische cilinders de nodige drukkracht (perskracht) uit op de doorpersbuizen om deze over een welbepaalde lengte in de grond te persen. De stalen drukverdeling is bekleed met een houten hulpring opdat een homogene verdeling van de perskracht over de volledige sectie van de boorbuis ontstaat.

Telkens wanneer een buislengte geperst is, worden de hydraulische cilinders ingetrokken en de aan- en afvoerleidingen tijdelijk afgekoppeld. Via een aan de bedieningsunit aangebouwde mono-rail (aanbouwportiek) voorzien van een elektrische takel kunnen de doorpersbuizen één na één worden neergelaten in de persput. Bij het boren van grotere diameters zal met een telescoopkraan of een portaalkraan worden gewerkt.

In de vertrekput worden hydraulische vijzels geïnstalleerd. De boormachine wordt in de startput naar beneden gelaten en door middel van de vijzels in de richting van de ontvangstput geperst. Vervolgens worden de buizen één voor één naar beneden gelaten en doorgeperst.

Dans le puits de départ, des vérins hydrauliques sont installés. Un tunnelier est descendu dans le puits de départ et forcé au moyen des vérins dans la direction du puits de réception. Ensuite, les tuyaux sont descendus un à un et poussés.



et si nécessaire corrigées. En même temps, la détermination de la position du bouclier de forage, les pressions de forage, les débits d'arrivée et de retour, l'état des vérins de direction et des clapets sont indiqués et enregistrés en continu par l'ordinateur.

Force hydraulique

La foreuse s'occupe de la création de l'ouverture, mais c'est l'installation de poussage qui fait en sorte que la machine avance.

L'installation de poussage se compose d'un cadre compact sur lequel sont fixés un certain nombre de cylindres hydrauliques et un anneau de répartition de pression en acier. Le cadre est monté dans le puits de forage et aligné avec

précision. L'installation de poussage est raccordée par des tuyaux hydrauliques à l'unité de service. Les cylindres hydrauliques sont commandés par un groupe hydraulique qui se trouve dans ou près du poste de commande.

L'arrière de l'installation de poussage est pourvu d'une paroi de répartition de poussée (masse de poussée). Avec la paroi du puits de fonçage et la terre à l'arrière, comme masse de réaction, les cylindres hydrauliques exercent la poussée nécessaire (force de poussée) sur les tuyaux de fonçage, pour les pousser d'une longueur bien déterminée dans le sol. L'anneau en acier de répartition de la poussée est revêtu d'un anneau de soutien en bois pour répartir de manière homogène l'effort de

poussée sur toute la section du tuyau de fonçage.

Chaque fois qu'une longueur de tuyau est foncée, les cylindres hydrauliques sont rétractés et les tuyaux d'arrivée et de retour sont temporairement découplés. Via un monorail rajouté à l'unité de commande (portique rajouté), pourvu d'un palan électrique, les tuyaux de fonçage peuvent être descendus un à un dans le puits de fonçage. Lors de fonçages de grand diamètre, une grue télescopique ou un portique sera utilisé.

Ce n'est que lorsqu'un nouveau tuyau de fonçage est posé dans le puits de fonçage que les tuyaux d'arrivée et de retour sont réaccouplés et que le cycle de fonçage peut redémarrer. Les tuyaux

Pas wanneer een nieuwe boorbuis in de persput geplaatst is, worden de aan- en afvoerleidingen terug aangekoppeld en kan de perscyclus opnieuw starten. De boorbuisen worden, simultaan met de graafwerkzaamheden aan het boorfront, één na één doorgeperst en dit tot het boorschild uiteindelijk de ontvangstput bereikt.

Uiterste precisie

Het is van het grootste belang dat het theoretische tracé gevolgd wordt en de boormachine uiteindelijk keurig in de ontvangstput aankomt. Om dit te verzekeren wordt gebruik gemaakt van een aantal zeer precieze meetinstrumenten. In de persput wordt een vaste laser opgesteld en gekalibreerd die op de zogenaamde target (een elektronische schietschijf in de boormachine)

de afwijkingen ten opzicht van de theoretisch te boren aslijn aangeeft. De gegevens worden om de 20 seconden doorgezonden naar de computer in de bedieningsunit. Daar worden ze geregistreerd en geïnterpreteerd door de operator die waar nodig stuurcorrecties doorvoert.

Wanneer er in een bocht wordt geperst, is een aangepast meetsysteem vereist. Men werkt in dit geval met automatisch gestuurde theodolieten, ook tachy's genoemd. Vertrekkende van een aantal vaste ijkpunten in en rond de persput wordt een meetsequentie opgestart waarbij de tachy's via onderlinge inmeting uiteindelijk de positie van het boorschild opmeten en weergeven in cartesische coördinaten. De gemeten coördinaten worden door de computer

vergeleken met de theoretisch opgelegde coördinaten. Op basis van deze gegevens kan de operator ook hier de nodige stuurcorrecties bepalen.

Wanneer een doorpersing in de ontvangstput aankomt, is de stuurfout doorgaans niet groter dan enkele millimeter tot enkele cm, uiteraard in functie van de lengte van de doorpersing.

Een gevecht tegen het grondwater

Om een doorpersing te kunnen uitvoeren, is het noodzakelijk om een doorvoer door de wand van de vertrekput te hebben. Tijdens de gehele boorprocedure moet de stabiliteit van de grond ter hoogte van die doorvoeropening verzekerd blijven, net zoals de waterdichtheid tussen doorpersing en schachtwand. ▶

> Voor de kleinere boordiameters (t/m Øi 1000mm) kan door de modulaire en compacte bouw van de installatie op een zeer beperkte werfzone worden gewerkt, wat interessant is voor het werken in stad- of dorpskern en nabij drukke wegen, maar ook in natuurgebied.

de fonçage, simultanément avec l'enlèvement des terres et gravats au front de taille, sont poussés un à un, jusqu'à ce que le bouclier atteigne le puits de réception.

Précision extrême

Il est de la plus haute importance que le tracé théorique soit respecté et que la machine de fonçage arrive impeccablement dans le puits de réception. Pour y arriver, des instruments de mesure très précis sont utilisés. Dans le puits de fonçage, un laser fixe, installé et calibré, indique sur la bien nommée cible (une cible de visée électronique dans la machine de fonçage) les déviations par rapport au tracé théorique. Les données sont envoyées toutes les 20 secondes à l'ordinateur de l'unité de commande.

Elles y sont enregistrées et interprétées par l'opérateur, qui effectue les corrections de direction éventuellement nécessaires.

Lors d'un fonçage en courbe, un système de mesure adapté est nécessaire. Des théodolites (également appelés «tachys») commandés automatiquement sont utilisés dans ce cas. A partir d'un certain nombre de points de calibrage dans et autour du puits de fonçage, une séquence de mesure est démarrée par laquelle les tachys mesurent par triangulation la position du bouclier de fonçage et les reproduisent en coordonnées cartésiennes. Les coordonnées mesurées sont comparées par l'ordinateur avec les coordonnées théoriques imposées. Sur

base de ces données, l'opérateur peut ici aussi déterminer les corrections de direction nécessaires.

Lorsqu'un fonçage atteint le puits de réception, l'erreur de direction n'est en moyenne pas plus grande que quelques mm, voire quelques cm, en fonction de la longueur de fonçage, évidemment.

Un combat contre la nappe phréatique

Pour pouvoir exécuter un fonçage, il est indispensable de disposer d'un passage dans la paroi du puits de départ. Durant toute la procédure de fonçage, la stabilité du sol à hauteur de ce passage doit être assurée de même que l'étanchéité entre le fonçage et la paroi du puits. ▶

► Daarom wordt ter hoogte van de toekomstige vertrekopening een stalen waterslot gemonteerd en waterdicht afgelast op de schachtwand. De stabiliteit van de grond tijdens het uitbranden van de schachtwand wordt verzekerd door een zogenaamde vertrekprop. Dat is een injectielichaam dat aan de voorzijde buiten de put in de grond wordt aangebracht om deze grond een zekere stabiliteit te geven. Eventueel wordt bijkomend een kortstondige bemaling voorzien. De rubberdichting in het waterslot zorgt voor een grond- en waterkerende verbinding tussen de schachtwand en de boorbuis tijdens het doorpersen.

Ter hoogte van de toekomstige aankomstopening in de aankomstput wordt tegen de schachtwand, na juiste lokalisering van het boorschild bij aankomst,

eveneens een stalen waterslot gemonteerd en waterdicht afgelast. De stabiliteit van de grond tijdens het uitbranden van de wand van de ontvangtschacht wordt verzekerd door het boorschild zelf (dat op dat moment tegen de buitenzijde van de schachtwand zit) in combinatie met een aankomstprop en eventueel een kortstondige bemaling aan de buitenzijde van de schacht. Eens het schild door de schachtwand is binnengeduwd, zorgt de rubberdichting van het waterslot opnieuw voor een grond- en waterkerende verbinding tussen de schachtwand en de boorbuis.

Recuperatie van de boorvloeistof

De microtunnelling-techniek wordt gekenmerkt door hydraulische grondafvoer. Dit wil zeggen dat het grond-/boorvloeistofmengsel door middel van een centrifugaalpompe vanaf het boorschild

naar het maaiveld wordt verpompt via transportleidingen in de doorpersing. Indien de ruimte het toelaat, voorziet men op het maaiveld een bezinkingsbekken. Door natuurlijke sedimentatie scheidt men de gronddeeltjes van de boorvloeistof die opnieuw naar het boorschild gepompt kan worden voor hergebruik. Indien de ruimte beperkt is, kan een ontzandingsinstallatie door middel van een aantal zeven en één of meerdere hydro-cyclonen gronddeeltjes van 60µm en groter van het transportmedium afscheiden. De boorvloeistof komt na cyclonering in een buffercontainer en wordt van hieruit opnieuw naar het boorschild verpompt. In sommige gevallen wordt het uitkomend slib verder ingedikt door middel van een centrifuge, een zeefbandpers of een kamerfilterpers. Op deze wijze kan het slib steekvast worden afgevoerd.

► C'est pourquoi, à hauteur de la future ouverture de départ, un presse-étoupe en acier est monté et étanchéifié sur la paroi du puits. La stabilité du sol pendant le brûlage du puits est assurée par ce qu'on appelle un tampon de départ. Il s'agit d'un corps d'injection qui est rajouté à l'avant dans le sol hors du puits pour donner une certaine stabilité à ce sol. Un rabattement additionnel et temporaire peut éventuellement être prévu. L'étanchéité en caoutchouc du presse-étoupe permet de maintenir une liaison étanche à l'eau et à la terre entre la paroi du puits et le tuyau pendant le fonçage.

A hauteur de la future ouverture d'arrivée, après la localisation exacte du bouclier de fonçage, lorsqu'il approche, un presse-étoupe en acier est également monté et soudé étanche à l'eau. La

stabilité du sol pendant le brûlage de la paroi du puits de réception est assurée par le bouclier de fonçage lui-même (qui est à ce moment proche de la paroi extérieure du puits) en combinaison avec un tampon d'arrivée et éventuellement un rabattement temporaire à l'extérieur du puits. Dès que le bouclier a percé la paroi du puits, l'étanchéité en caoutchouc du presse-étoupe assure à nouveau une liaison étanche à l'eau et à la terre entre la paroi du puits et le tuyau de fonçage.

Récupération du fluide de fonçage

La technique du microtunnelage est caractérisée par l'évacuation hydraulique de la terre. Ceci signifie que le mélange terre/liquide de fonçage est pompé par une pompe centrifuge du bouclier au sol naturel, par des tuyaux de transport au travers du fonçage.

Lorsque l'espace le permet, un bassin de décantation est prévu en surface. Les particules de terre sont séparées par sédimentation du liquide de fonçage qui peut être à nouveau pompé vers le bouclier pour être réemployé. Lorsque l'espace est limité, un désableur peut, au moyen de divers tamis et d'un ou plusieurs hydrocyclones, séparer les particules de 60 µm et plus du fluide de transport. Le fluide de fonçage arrive après son passage au cyclone dans un conteneur tampon et de là, est à nouveau pompé vers le bouclier de fonçage. Dans certains cas, la boue est densifiée davantage au moyen d'une centrifugeuse, d'une presse à bande tamisante ou d'un filtre-presse à chambres. De cette manière la boue peut être évacuée à l'état semi-solide.

ZEG NIET ZOMAAR BUIS TEGEN EEN DOORPERSBUIS

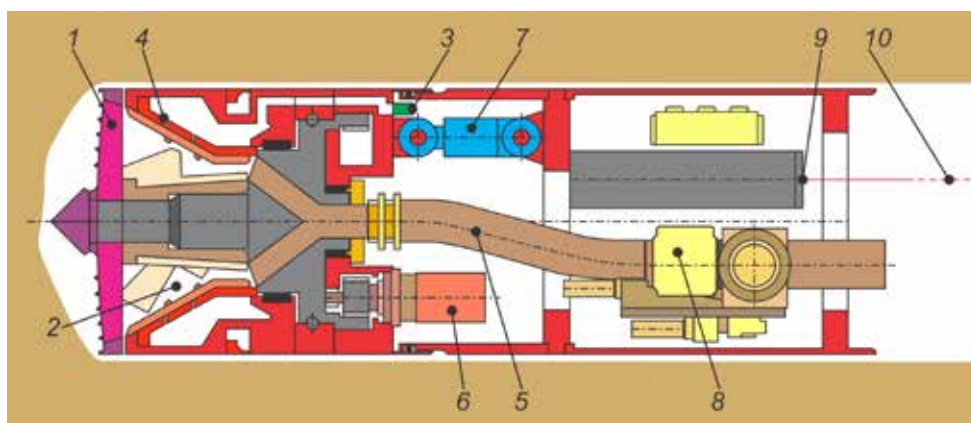
De tunnelwand bestaat uit boorbuizen uit gewapend beton van een sterkte-reeds 135 of hoger. Het persen van die buizen gaat gepaard met de ontwikkeling van zeer grote krachten. Boorbuizen zijn dan ook 'high performance'-buizen die voldoen aan een hele reeks van strenge eisen, en voorzien zijn van een aantal features om de doorpersing te vergemakkelijken.

Boorbuizen worden op een drietal wijzen vervaardigd. Het proces 'drycast' is een proces waarbij ze machinaal vervaardigd worden en onmiddellijk ont-kist worden. Het woord 'dry' verwijst naar het gebruik van aardvochtig beton. De methode beperkt zich doorgaans tot buizen met een inwendige diameter kleiner dan of gelijk aan 1600mm.

Bij 'wetcast' verhardt het relatief plas-tische beton in de mal. Pas na verhar-ding kan de buis ont-kist worden. Om de mal zoveel mogelijk in te kunnen zetten, wordt deze vaak verwarmd om het beton sneller te laten verharden. De techniek wordt gebruikt voor buizen met een inwendige diameter van 400mm tot en met 3500mm.

In België worden daarenboven twee centrifugatietechnieken gebruikt voor de buizen van 400mm tot en met 1600mm. Bij de hogesnelheidscentrifugatie wordt het overtollige water uit een zeer plastisch beton verdreven waar-door een bijzonder sterk beton ont-staat. Bij de walstechniek worden die hoge sterktes bereikt door het centri-fugeren en walsen van een zeer 'droog' beton. Ook hier verhardt de buis ver-snel in een mal.

In de vlakken waar de buizen elkaar raken, kunnen tijdens het persen grote spanningen ontstaan. Het is dus van belang dat het contactvlak tussen beide buisdelen zo groot mogelijk is en het effect van eventuele oneffen-heden wordt gereduceerd. Vandaar dat de buizen voorzien worden van houten stootringen. Door de veel lagere E-modulus wordt de houten ring samengedrukt en nivelleert die de span-ningen. Die ring blijft na de doorpersing tussen de buizen zitten maar heeft dan geen verdere functie meer. In de uit-einden van de buizen ontstaan ook splijtspanningen. De fabrikant voorziet de uiteinden van buizen van de nodige extra wapeningshoepels en splijtwape-ning om deze op te kunnen nemen.



De basiscomponenten van het boorschild.

Les composants de base du bouclier de fonçage.

1. Boorrad - Roue de fraisage
2. Breekruimte - Chambre de concassage
3. Aanvoerleiding - Conduite d'alimentation
4. Injectieopening - Trou d'injection
5. Afvoerleiding - Conduite d'évacuation
6. Aandrijving - Traction
7. Stuurcilinder - Vérin de guidage
8. By-pass - By-pass
9. Laser target - Cible laser
10. Laser - Laser

UN TUYAU DE FONÇAGE N'EST PAS UN SIMPLE TUYAU

La paroi du tunnel est constituée de tuyaux en béton armé de classe de résistance 135 ou plus, si nécessaire. Le fonçage de ces tuyaux va de pair avec le développement de forces très importantes. Les tuyaux de fonçage sont donc des tuyaux de haute performance qui répondent à toute une série d'exigences sévères et sont pourvus d'un certain nombre de fonctionnalités qui facilitent le fonçage.

Ces tuyaux sont fabriqués de trois manières différentes. Le procédé «drycast» (coulage à sec) est un procédé

par lequel ils sont fabriqués en machine et démoulés immédiatement. Le mot «dry» (sec) réfère à l'utilisation de béton à consistance de terre humide. Cette méthode se limite habituellement aux tuyaux de diamètres intérieurs allant jusqu'à 1600 mm.

Dans le système «wetcast» (coulage humide) le béton relativement plas-tique durcit dans le moule. Le tuyau ne peut être démoulé qu'après durcis-sement. Pour pouvoir utiliser le moule autant que possible, il est souvent chauffé pour que le béton durcisse plus vite. Cette technique est utilisée pour

des tuyaux de diamètres intérieurs de 400 mm à 3500 mm inclus.

Deux techniques de centrifugation sont utilisées également en Belgique, pour des tuyaux de 400 mm à 1600 mm inclus. Avec la centrifugation à ultra haute vitesse, l'eau excédentaire est extraite d'un béton très plastique. Grâce à cette technique un béton particu-lièrement résistant est formé. Dans la technique de laminage, ces résistances élevées sont obtenues par la centri-fugation et le laminage d'un béton très «sec». Ici également, le béton durcit très rapidement dans le moule.

De kraag van een boorbuis is een verzonke of een roestvrij stalen ring. Door het hanteren van deze relatief dunne stalen ring, kan het spie-einde zo breed mogelijk gemaakt worden, wat de spanningen in het beton weer ten goede komt. De kraagring is door middel van deuvels in het lichaam van de buis verankerd tijdens de productie en de nodige maatregelen worden door de fabrikant genomen om deze aansluiting waterdicht te maken. Er zijn ook buizen op de markt die voorzien zijn van twee spie-einden en waarbij een losse kraagring gehanteerd wordt.

De waterdichtheid tussen twee op elkaar aansluitende buizen wordt gewaarborgd door een rubberen dichtingsring. Die wordt doorgaans in een

groef op het spie-einde geplaatst of in de stalen kraag bevestigd. De dichting is overigens niet statisch maar permanent in beweging. Dat komt bijzonder tot uiting wanneer de buizen door één of meerdere bochten gaan.

Fabrikanten hebben de lengtes van hun buizen gestandaardiseerd maar die kunnen worden aangepast in functie van de afmetingen van de persput en de kromtestraal van de doorpersing.

Mantogankelijke boorbuisen zijn vaak voorzien van één of meer injectiegaten. Langs deze gaten wordt bentoniet geïnjecteerd in de ruimte tussen de buitenwand van de buis en de grond. Het bentoniet werkt als een glijmiddel waardoor de wrijving tussen

grond en buis vermindert en dus ook de bijhorende perskrachten.

BEREKENING VAN BUIZEN

De sterkte van de buis is cruciaal voor het slagen van de doorpersing. Een buis die begeeft, kan leiden tot verlies van materieel, buizen en.....levens.

De berekening van de algemene stabiliteit gebeurt aan de hand van gekende methodes zoals bijvoorbeeld de ATV A161.

De berekening van de maximale perskracht op de buizen wordt toegelicht in de normatieve bijlage B bij NBN EN 1916 - Buizen en hulpstukken van ongewapend beton, van staalvezelbeton en van gewapend beton.

> Pour les petits diamètres de fonçage (jusqu'à et Øi 1000mm), grâce à la construction modulaire et compacte de l'installation, le chantier peut être limité à une faible zone, ce qui est intéressant pour travailler au centre des villes et villages ou près de routes à trafic dense, mais aussi dans les espaces naturels.

Aux surfaces de contact entre les tuyaux, des tensions importantes peuvent se créer pendant le fonçage. Il est donc important que la surface de contact entre les deux tuyaux soit aussi grande que possible et que l'effet des éventuelles imperfections soit réduit. C'est la raison pour laquelle les tuyaux sont pourvus d'anneaux de répartition en bois. Par son module E beaucoup moins élevé, l'anneau en bois est comprimé et nivelle les tensions. Après fonçage, cet anneau reste entre les tuyaux mais n'a à ce moment plus aucune fonction. Aux abouts des tuyaux se créent également des tensions de fendage. Le fabricant prévoit à ces extrémités des cerceaux d'armature et des armatures de fendage pour pouvoir les reprendre.

Le collet d'un tuyau de fonçage est un anneau en acier galvanisé ou inoxydable. Par l'utilisation de cet anneau d'acier relativement fin, l'embout peut être le plus large possible, ce qui est favorable aux tensions dans le béton. Le collet est ancré dans le corps du

tuyau au moyen de goujons pendant la production et les mesures nécessaires sont prises par le fabricant pour rendre le raccordement étanche à l'eau. Il existe aussi sur le marché des tuyaux pourvus de deux embouts où un collet libre est utilisé.

L'étanchéité à l'eau entre deux tuyaux raccordés est assurée par un anneau d'étanchéité en caoutchouc. Celui-ci est placé dans une rainure sur l'embout ou fixé dans le collet. L'étanchéité n'est d'ailleurs pas statique mais est en permanence en mouvement. Ceci s'exprime particulièrement lorsque les tuyaux prennent une ou plusieurs courbes.

Les fabricants ont standardisé les longueurs de leurs tuyaux, mais celles-ci peuvent être adaptées aux dimensions du puits de fonçage et à la courbure du fonçage.

Les tuyaux de fonçage accessibles à l'homme sont souvent pourvus d'un ou plusieurs trous d'injection. De la bentonite est injectée à travers de ces trous, dans l'espace entre la paroi extérieure du tuyau et la terre. La bentonite fonctionne comme lubrifiant qui réduit la friction entre la terre et le tuyau et donc également les efforts de poussée correspondants.

TUSSENDRUKSTATIONS

Bij lange doorpersingen – doorpersingen kunnen tot 1,5 km lang zijn – is de kracht in de vijzels op een bepaald moment niet toereikend of wordt de toegelaten perskracht op de buizen overschreden. Op dat moment overweegt de ontwerper om één of meer tussendrukstations op welbepaalde locaties in de streng toe te passen.

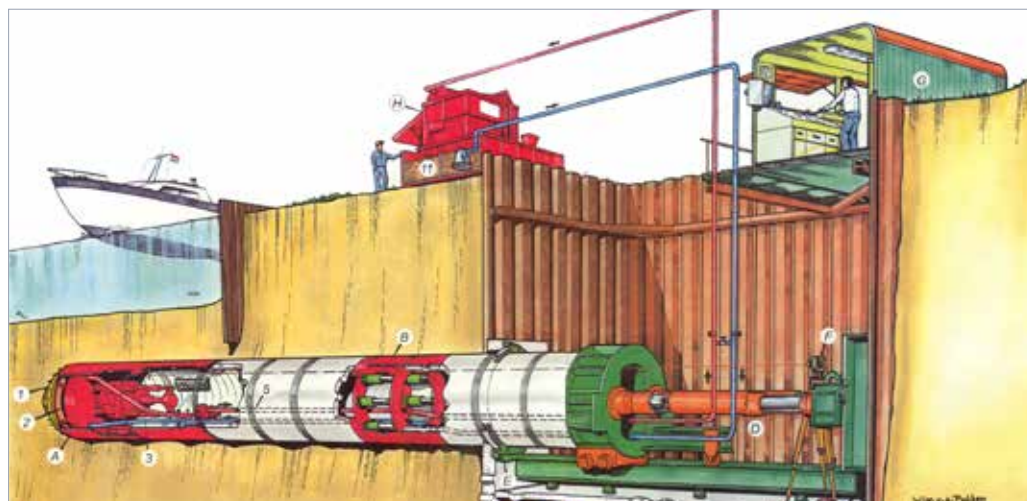
Tussendrukstations zijn bijzondere buizen die uit twee delen bestaan en waartussen een reeks hydraulische vijzels werd gemonteerd. Ze verdelen de totale lengte in een aantal deellengten. Door het hoofdpersstation te

vergrendelen kan zo één deellengte van de tunnel afzonderlijk worden voortbewogen. Daarbij worden de persvijzels van het eerste tussendrukstation (het dichtst bij het boorstation) uitgeduwd, waardoor de voorliggende deellengte van de tunnel in beweging komt. Dit gebeurt totdat de persvijzels het einde van hun slaglengte hebben bereikt. Hierna wordt met een volgend tussendrukstation een volgende deellengte verder geduwd. Daarbij wordt het eerste tussendrukstation opnieuw dichtgeduwd. Het verder duwen in deellengten vergt uiteraard minder perskracht dan het verder duwen van de volledige streng. De beweging van de buizen is als het ware vergelijkbaar

met de voortbeweging van een rups. Nadat de tunnel volledig klaar is, worden de vijzels in de tussendrukstations gerecupereerd en worden de stations dichtgedrukt. Men verkrijgt op deze plaats een gewone voegverbinding, net als tussen twee normale doorpersbuizen.

WANNEER ZELFS 3500MM TE KLEIN IS

We hebben al aangehaald dat de grens voor microtunnelling vandaag ligt bij buizen met een inwendige diameter van 3500 mm. Die buizen hebben al gauw een buitendiameter van 4100 mm en kunnen nog met de vrachtwagen vervoerd worden. ▶



1. Boorrad - Roue de fraisage
2. Breekruimte - Chambre de concassage
3. Aanvoerleiding - Conduite d'alimentation
5. Afvoerleiding - Conduite d'évacuation
6. Aandrijving - Traction
7. Stuurcilinder - Vérin de guidage
8. By-pass - By-pass
9. Laser target - Cible laser
11. Transportvloeistof - Fluide de transport

- A. Boorschild - Bouclier
- B. Tussendrukstation - Station intermédiaire
- C. Boorbuis - Tuyau de fonçage
- D. Persinstallatie - Installation de poussée
- E. Waterslot - Presse-étoupe
- F. Meetinstallatie - Système de mesure
- G. Bedieningsunit - Poste de commande
- H. Ontzandingsinstallatie - Désableur

CALCUL DES TUYAUX

La résistance du tuyau est cruciale pour la réussite du fonçage. Un tuyau qui flanche peut conduire à des pertes de matériel, de tuyaux et ... de vies.

Le calcul de la stabilité générale est effectué à l'aide de méthodes connues comme par exemple l'ATV A161.

Le calcul de l'effort maximal de poussée sur les tuyaux est expliqué dans l'annexe normative B de la NBN EN 1916 – Tuyaux et pièces complémentaires en béton non armé, en béton fibré acier et béton armé.

STATIONS DE POUSSÉE INTERMÉDIAIRES

Dans le cas de longs fonçages – les fonçages peuvent atteindre 1,5 km de long – la puissance dans les vérins n'est, à un certain moment, plus suffisante ou l'effort de poussée toléré sur les tuyaux est dépassé. À ce moment, le concepteur envisage d'intercaler, à des emplacements bien déterminés, sur le tracé, une ou plusieurs stations de poussée intermédiaires.

Les stations de poussée intermédiaires sont des tuyaux spéciaux en deux parties entre lesquelles une série de vérins hydrauliques ont été montés. Ils

divisent la longueur totale en une série de longueurs partielles. En bloquant la station de poussée principale, une partie du tunnel peut être avancée séparément. Les vérins de poussée de la première station intermédiaire (la plus proche de la station de fonçage) sont poussés, ce qui met en mouvement la section partielle, jusqu'à ce que ces vérins de poussée aient atteint leur distance limite. Une station intermédiaire suivante pousse une longueur partielle suivante. La première station de poussée intermédiaire est ainsi refermée. Pousser par sections partielles demande moins d'énergie que pousser l'ensemble du brin. Le mouvement

► Wil men nog grotere diameters realiseren, dan biedt de techniek van de betonnen tunnelsegmenten (tubingen) soelaas. Deze elementen worden vlak na de tunnelboormachine (TBM) ondergronds samengebouwd, waarna de machine opnieuw vooruit beweegt door zich af te zetten op de laatst gemonteerde tunnelring. Deze werkwijze vereist de aanwezigheid van heel wat hulpmaterieel en ook personeel in de tunnel achter de TBM. Men spreekt in dit geval niet meer van 'microtunnelling' maar van 'tunnelling'.

De TBM wordt voorzien van een reeks van trailers die hij achter zich aansleept doorheen de tunnel. De trailers bevatten onder meer de aandrijving van de machine, de erector voor het plaatsen van de segmentstenen, de grout-injectiepomp, transformatoren, het losmechanisme voor de segmentstenen,

► des tuyaux ressemble ainsi à la façon d'avancer d'une chenille. Lorsque le tunnel est entièrement terminé, les vérins des stations intermédiaires sont récupérés et les stations sont refermées par fonçage. A cet endroit on obtient une simple liaison par joint, identique à celle de deux tuyaux normaux.

ET AU-DELÀ DE 3500 MM?

Nous avons mentionné plus haut que la limite pour le microtunnelage se situe aujourd'hui à des tuyaux de diamètre intérieur de 3500 mm. Ces tuyaux atteignent très facilement un diamètre extérieur de 4100 mm et peuvent encore être transportés par camion.

Si l'on souhaite réaliser de plus importants diamètres, la technique des segments de tunnel en béton apporte une solution. Ces éléments sont assemblés sous terre directement derrière le tunnelier, après quoi la machine

het pijpverlengingssysteem, enz... Dit maakt het volledige systeem ondergronds autonoom.

De TBM is verder voorzien van een staartvoeg met persvijzels en zal zich na de bouw van iedere segmentring afduwen op het reeds geboorde deel van de tunnel. Op deze wijze blijft de wrijving tussen grond en tunnelwand

een constante en kan over een veel grotere lengte worden geboord. Er dienen bijgevolg geen tussendrukstations te worden aangewend.

De methode wordt doorgaans toegepast voor leidingentunnels, spoor- en wegverkeer maar ook voor buffers. Voorbeelden van projecten in België zijn de Noord-Zuidverbinding voor de



avance de nouveau en s'arrêtant sur le dernier anneau de tunnel monté. Cette méthode de travail exige la disponibilité de beaucoup d'équipements auxiliaires et de personnel à l'arrière du tunnelier. On ne parle plus dans ce cas de «micro-tunnelage» mais de «tunnelage».

Le tunnelier est pourvu d'une série de remorques qu'il traîne derrière lui dans le tunnel. Les remorques portent entre autres la propulsion de la machine, la grue de montage des pièces des segments, la pompe d'injection de mortier, les transformateurs, le dispositif de pose des segments, le système

de prolongement des tuyaux, etc. Ceci rend autonome l'ensemble du système en sous-sol.

Le tunnelier est également pourvu d'un dispositif de queue à vérins et se repoussera après la construction de chaque anneau de segments sur la partie déjà creusée du tunnel. La friction entre le sol et la paroi du tunnel reste ainsi constante et de plus grandes longueurs de forage sont possibles. Les stations de poussée intermédiaires ne sont donc pas nécessaires.

HSL in Antwerpen, de Diabolotunnel onder de luchthaven in Zaventem en de Liefkenshoek-spoortunnel. Ook kleinere diameters werden reeds toegepast met deze techniek, bijvoorbeeld voor de kruising van de Maas en het Albertkanaal in Lixhe ten behoeve van een gasleiding voor Fluxys.

Momenteel vindt in Ukkel, in de vallei van de Ukkelbeek, de bouw van een regenwaterbuffering met deze techniek plaats. Het betreft hier een met segmenten geboorde tunnel met een inwendige diameter van 4600 mm. Wanneer het project klaar is, laat de tunnel toe een buffering van ca. 20.000 à 25.000 m³ regenwater te realiseren en nadien vertraagd naar het RWA-systeem te laten afvloeien. Op deze wijze wordt het overstromingsrisico in de omgeving sterk gereduceerd. Het toepassen

van de ondergrondse bouwwijze door middel van tunnelling reduceert sterk de hinder voor omwonenden en mobiliteit bij de aanleg.

TOT SLOT

De hoogtechnologische sleufloze micro-tunnelling techniek laat toe om kleine tot middelgrote tunnels te creëren met een minimale impact voor de omgeving. De techniek wordt al meer dan 25 jaar succesvol toegepast en Belgische ondernemingen genieten faam in en buiten Europa. Dat de techniek niet méér wordt toegepast, is op zijn minst verbazend. Wellicht geldt hier dat onbekend onbemind maakt. Indien aannemers vóór aanbesteding zouden beschikken over alle relevante grondparameters, de te omzeilen obstakels en het precieze tracéverloop, zou de techniek wellicht meer als mogelijke optie beschouwd

worden. De techniek vergt het uiterste van de betonnen buizen maar Belgische fabrikanten vervaardigen buizen en tussendrukstations om de meest uitdagende projecten te verwezenlijken. In minder draagkrachtige gronden is het wellicht de meest rendabele en voor de hand liggende techniek voor de aanleg van leidingen.

Doorperstechnieken laten niet alleen toe om ondergrondse bufferbekkens te realiseren maar ook om wegen onder steden door te leiden. Discussies over het tracé van omleidingswegen verwijzen we daarmee naar het verleden. (SMA) ●

Dank aan Bart Vanhout (Smet-Tunnelling nv) en Romain Van Caeter (Tubobel nv)

La méthode est généralement utilisée pour des tunnels de conduites, transports ferroviaire et routier, mais également pour des réservoirs tampons.

Des exemples de projets en Belgique sont la liaison Nord-Sud pour la LHV à Anvers, le tunnel Diabolo sous l'aéroport de Zaventem et le tunnel ferroviaire Liefkenshoek. De plus petits diamètres ont été également réalisés avec cette technique, par exemple pour le croisement sous la Meuse et le canal Albert à Lixhe d'une conduite de gaz de Fluxys.

Actuellement a lieu à Ukkel, dans la vallée du Ukkelbeek, la construction d'un réservoir tampon d'eau de pluie avec cette technique. Il s'agit ici d'un tunnel à segments foncé d'un diamètre intérieur de 4600 mm. Lorsque le projet sera terminé, le tunnel permettra de tamponner environ 20.000 à 25.000 m³ d'eau de pluie qui pourra ensuite être

relâchée avec retard dans le système d'égouttage des eaux de pluie. De cette manière, le risque d'inondations est très fortement réduit dans les environs. L'utilisation du tunnelage comme méthode de construction souterraine réduit très fortement la gêne pour les riverains et maintient la mobilité pendant les travaux.

EN CONCLUSION

La technique de haute technologie du microtunnelage sans tranchée permet de créer des tunnels de petite à moyenne taille avec un impact réduit pour le voisinage. Cette technique est déjà utilisée avec succès depuis plus de 25 ans et les entreprises belges disposent d'une réputation enviable en et hors de l'Europe. Que cette technique ne soit pas plus utilisée est pour le moins surprenant. Ici aussi l'expression 'inconnu est mal aimé' est justifiée. Si les entrepreneurs disposaient avant

les adjudications de tous les paramètres du sol pertinents, les obstacles à éviter et le tracé précis, la technique serait plus souvent considérée comme option possible. Elle exige le maximum des tuyaux en béton mais les fabricants belges produisent des tuyaux et des stations de poussée intermédiaires pour réaliser les projets les plus exigeants. Dans les sols moins porteurs, c'est peut-être la technique la plus évidente pour la pose de conduites.

Les techniques de fonçage ne permettent pas seulement de construire des réservoirs de tamponnage souterrains, mais également à faire traverser les routes sous les villes. Les discussions sur les déviations deviennent ainsi des souvenirs du passé. (SMA) ●

Nos remerciements à Bart Vanhout (Smet-Tunnelling sa) et Romain Van Caeter (Tubobel sa)