

# Forarea si puscarea in spatii inchise

April 2008

*Traducere dupa Tunnels & Tunnlling International: Drill and blast in confined spaces*

La intalnirea dintre BTS(British Tunnelling Society) si MinSouth din 21 feb 2008, Richard Soloman, director proiect la WECS, Damian McGirr, de la Donaldson Associates si Mark Thomas, director de santier de la WECS, au descris metodele de forare si puscarea in cadrul proiectului de tunel pentru reducerea inundatiilor din Bristol, Marea Britanie(MB).

Anul trecut, inundatiile au tinut capul de afis al mass-mediei si au cauzat o multime de probleme cetatenilor din zonele joase ale Marea Britaniei(GB). Una dintre aceste zone este centrul Bristol, inregistrat la [Ofwat](#) ca zona pasibila de inundatii si a fost subiectul unui plan pe cinci ani, din cele 400, al [Wessex Water](#) de reducere a inundarii drenajelor. Proiectul Bristol ridica multe provocari datorita infrastructurii orasului, accesului, topografiei si geologiei.

Apele Wessex au propria companie, Inginerie si Servicii de Constructii Wessex (WECS) ce raspund de lucrari majore. WECS are experienta in zona, prin construirea drenajului separator din nord ce dreneaza partea de nord a orasului, unde a fost principalul contractor. Partea de proiectare a lucrarii a fost preluata de [Donaldson Associates](#) si cuprinde traseul de aliniament, investigari pe santier si proiectarea tunelului. Compania Servicii Specializate in Inginerie (SES), a fost numit contractor pentru proiectul tunelului, iar ei au ales [Parsons Brinckerhoff](#) ca proiectant pentru lucrarile temporare.

Richard Soloman Director de Proiect pentru WECS a descris in linii mari proiectul, Damian McGirr sef al Donaldson Associates a prezentat chestiuni de proiectare, iar Mark Thomas Director de Santier la WECS a prezentat progresul lucrarii.

## Optiunile proiectului

Cele 57 de proprietati inregistrate ca zone pasibile de inundatii cuprind teatrul Hipodrome si un numar de case si magazine istorice. Centrul Bristol este un amestec intre arhitectura georgiana si cea victoriana, cu strazi stramte si populate. Exista o multime de parcuri si patinoarul [ICE](#). In sudul centrului se afla portul istoric iar in nord Universitatea Bristol. S-au luat in considerare mai multe solutii de reducere a inundatiilor cum ar fi stocarea distribuita, marirea drenajelor existente, construirea de statii de pompare, construirea de drenaje de deversare combinate, forarea unui tunel de transfer.

Stocarea distribuita a apei (pentru o pompare ulterioara) a fost o solutie eliminata deoarece era nevoie de un depozit de 4500 m<sup>3</sup>, teren neexistent in centru orasului. Mirosul emanat reprezenta o alta problema a acestei solutii. Marirea drenajelor existente a fost eliminata datorita imposibilitatii de marire a strazilor si costului ridicat. Construirea de drenaje de deversare combinata si statii de pompare au fost eliminate datorita costurilor ridicate. Astfel a ramas construirea unui tunel de transfer de 800m in nordul orasului. Solutia aleasa avea avantajul existentei unui singur santier cu probleme simple privind terenul, era valabil (nu necesita pompare), se eliminau scurgerile in port, minimaliza mirosul urat si cu un cost de 19 milioane \$US.

Richard Soloman a comentat, "WECS este responsabil de gasirea unui santier si construirea axei principale ce va lega tunelul de drenajele existente. S-a gasit un santier stramt de 9 m intre patinoarul ICE si parcare care poate fi folosit cu o planificare corecta. Avantajul major era faptul ca nu bloca accesul si nu existau vecini. Marele dezavantaj era dimensiunea".



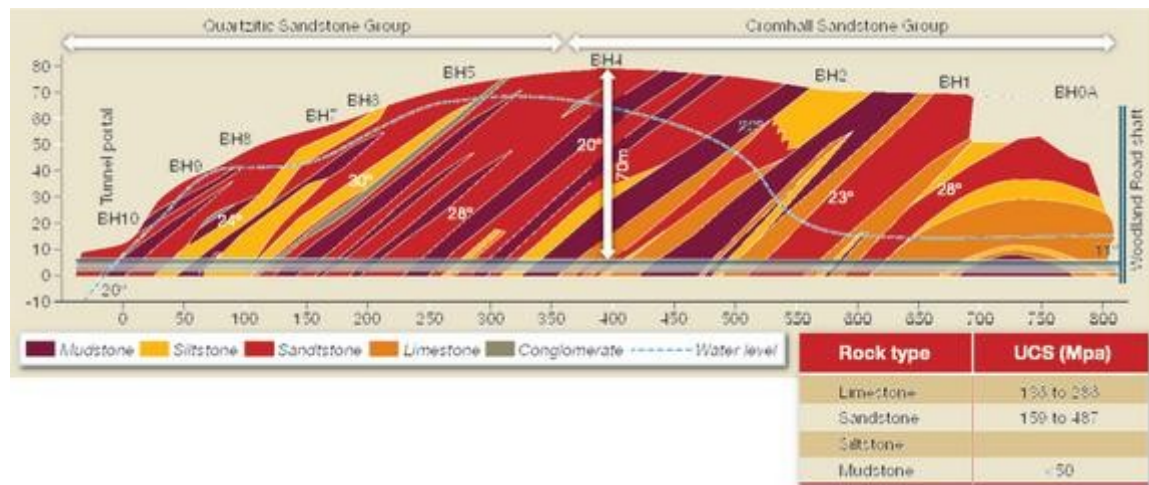
**Figure 1. Plan harta a proiectului**

O data luata aceasta decizie Compania Apele Wessex au angajat compania Donaldson Associates pentru proiectarea tunelului din centrul orasului pana la sifonul nordic de scurgere. Una peste alta, tunelul are o lungime de 805 m, 20m sub pamant iar cel mai adanc punct este 60 m. Obtinerea permisului a fost facilitata de faptul ca terenul sub care se afla tunelul apartine unui singur proprietar, Universitatea din Bristol. McGirr a comentat asupra faptului ca "exista multe cladiri istorice inclusiv fortul regal ce cuprinde lucrari complicate". S-au folosit echipamente specializate in detectarea riscului de cutremure in laboratoarele universitatii Bristol. In zonele cu coperta tunelului subtire s-a ridicat problema ca cetatenii ar fi deranjati de operatiunile (24 ore de lucru) de realizare a tunelului. O provocare semnificativa a reprezentat-o conectarea la putul drenajului existent la o adancime de 63m si 3.66 m diametru din strada Woodland.

### **Lucrari temporare si geologie**

Prima activitate a fost investigarea rutei. Au fost facute 20 foraje pentru sondare teren, pana la o adancime de maximum 93m. Aceste foraje au ajutat la masuratorile geofizice iar carotele extrase au furnizat informatii importante privind subsolul. Geologia rocii de baza descria o combinatie intre gresie, argilit, aleurit, calcar si minore conglomerate din era carbonifera. La suprafata tunelului, terenul avea o grosime intre 10 si 80 m. Aceste roci se inclina usor la 20 grade de-a lungul tunelului si variaza intre a fi foarte puternice cum sunt gresiile (cu o forta de pana la 487Mpa) pana la roci slabe cum este argilitul. Din punct de vedere hidrologic argilitul este ca o bariera foarte permeabila pe cand gresia poate conduce apa ce a intrat in tunel in

timpul constructiei, spre pinza freatica. O alta caracteristica a inclinarii geologice a fost faptul ca in timpul excavarii tunelului, roca s-a fragmentat controlat prin stratificatie si rosturi in blocuri.



**Figure 2. Sectiunea longitudinala geologica in aliniamentul tunelului**

Conform spuselor lui McGirr, geologia a avut un rol determinant in gasirea metodei de constructie si dimensionarea acestuia. Era necesar un diametru minim de 1.5 m pentru a suporta un debit de 2000l/s. Pentru a da siguranta putului tunelului s-a sugerat cresterea diametrului la 1,80 m, preferandu-se 2,00 m. In realitate, excavarea s-a facut la o latime de 4m pentru a usura accesul utilajelor de constructie. Camasa tunelului cu diametrul intern de 2 m este inca in constructie, aceasta fiind obligata sa reziste la o presiune de 6 bari si sa aiba o durata de viata de 60 ani. Se iau in calcul urmatoarele optiuni: camasa tunelului turnata in situ cu cofrag pliabil, cofrag pierdut umplut cu beton spongios sau folosirea de tuburi din beton prefabricat.

### Alegerea metodei de constructie

Selectarea metodei de constructie s-a facut in urma depunerii cererilor de catre contractori. S-au urmarit trei puncte majore de risc:

- riscurile ridicate de finalizarea proiectului
- riscuri privind sanatatea & siguranta muncii
- riscuri contractuale / comerciale

S-a ridicat de asemenea problema zgomotului si vibratiilor produse de puscari. Folosirea unei masini de forat tunele la punctul de conectare cu drenajul nordic ridica probleme de costuri si puna in pericol sanatatea si siguranta. S-a hotarat folosirea metode de lucru prin forare si puscare, ca prezentand mai multa siguranta, iar proiectul se putea termina la timp si cu bugetul stabilit. Era o metoda ce oferea flexibilitate in momentul in care constructorul avea de a face atat cu gresie puternica de aproape 500Mpa cat si argila. Deoarece se cerea mai mult timp de lucru in tunel, s-a considerat ca ar fi mai sanatos, sigur si usor de controlat prin introducerea de metode de siguranta a lucrului. Exista de asemenea o experienta precedenta privind construirea de tunele cu aceasta metoda. De asemenea prin forare si puscare, costurile erau mai scazute decat prin folosirea unei masini speciale de forat tunele.

### Lucrarile de executie

Proiectarea putului de-a lungul unei fasii stramte de teren intre patinuarul ICE si parcare a reprezentat o provocare cu adancimi intre 1 si 7m. S-a dimensionat pentru a sustine un tunel

cu 2 traverse de patru metrii. S-a realizat un put dreptunghiular de 15m x 6m cu ajutorul unui pod rulant.



### **Proiectul putului aflat in executie**

Lucrarile au inceput in al doilea trimestru al anului 2007, cu realizarea lucrarilor de suprafata in centrul orasului si putul de acces de catre compania WECS. Conform spuselor directorului de proiect, unul dintre impedimente a fost programul de lucru: 24 ore de luni pana duminica cu puscari intre 07.00 to 23.00. Vibratiile exploziilor au fost limitate la 10mm/s<sup>2</sup> ppv. Aceste nivel a vibratiilor pot fi simtite (aproximativ 1.5mm/sec<sup>2</sup> ppv) dar sunt sub nivelul la care cladirile pot fi avariate (45mm/sec<sup>2</sup> ppv).

Lucrarile initiale au reprezentat curatarea zonei putului, conform spuselor lui Thomas, lucru ce trebuia sa se realizeze in cei 9 m, zona dintre patinoar si parcare. Datorita variatiei adancimii, putul a fost intarit cu piloni de otel cu diametrul de 40 x 300mm si grinzi de beton. Un excavator de 25 to a fost introdus in put, pentru a scoate afara materialul excavat, folosindu-se si un utilaj mic de 3 to pentru curatare. S-a folosit beton torcretat pentru finalizarea peretilor putului.

### **Ciclul de forare si puscare**

Metoda de excavare a tunelului a fost prin forarea, puscarea, patrundere, evacuare material rezultat din puscare si sustinere pereti excavatie. Primii 60 m a tunelului reprezinta o sectiune dreptunghiulara de 4.5m x 3m cu tampon de 3.5m x 3m. Aceste sectiuni aveau pasaje de acces si evacuare material excavat si retragere Jumbo(masina de perforat) inainte de puscare. Tunelul este sustinut de confectii metalice.



### **Jumbo, echipamentul de perforare, lucrind la front**

Problemele de protectia muncii sunt foarte importante a adaugat Thomas, “monitorizam o serie de gaze cum ar fi metanul, NOx si monoxid de carbon. Exploziile necesita ventilarea aerului, deci avem o tubulatura de ventilare de 900 mm”. Exploziile sunt monitorizate prin camere video pentru a controla acuratetea incarcarilor si pentru a mentine vibratiile in parametrii stabiliti. Explosibilii sunt stocati intr-o zona securizata la 20 mile distanta si adusi de doua vehicule controlate de la distanta. Exploziile nu au cauzat probleme orasului sau cetatenilor.

Progresul zilnic este de 117 m, cu o intarziere de 6 saptamani, cu toate masuri luate de atingere a termenului final. Metodele de evacuare a materialului rezultat din puscare, au fost modificate pentru a readuce proiectul in grafic. Data limita de construire a tunelului este Aprilie 2009, cand se preconizeaza inlaturarea inundatiilor din centrul Bristol.