

## **PŘÍNOS SUPERVIZE NA TUNELOVÝCH STAVBÁCH A SOFTWARE K JEJICH PROVÁDĚNÍ A VYHODNOCOVÁNÍ**

### **BENEFIT OF SUPERVISION ON TUNNELLING CONSTRUCTION SITES AND SOFTWARE USED FOR IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF TUNNELLING WORKS**

**Aristotelis Caravanas<sup>1</sup>**

#### **ABSTRAKT**

Supervize je běžným nástrojem kontroly a případně i řízení realizace tunelových staveb. Místní podmínky, zvyklosti, předpisy a způsoby zadání tunelového projektu tuto činnost modifikují a přizpůsobují požadavkům konkrétních projektů. Velmi často se k organizaci výstavby tunelových projektů používá přístup DBB (Design-Bid-Build, tj. naprojektuj-nabídni-postav) za použití smluvních podmínek tzv. „červeného FIDICu“, případně přístup DB (Design-Build, tj. naprojektuj-postav) za použití smluvních podmínek tzv. „žlutého FIDICu“.

Úkoly supervize jsou definovány smlouvou s objednatelem, a mohou spočívat u typu kontraktu DBB zejména v následujících činnostech – kontrolování kvantity a kvality stavebních prací, geologické mapování a zařídování, modifikace horninové výztuže, kontrola bezpečnosti, finanční záležitosti, zastupování objednatele, pravidelné vyhodnocování ražeb a reportování objednateli, kvazi-arbitr, navrhování úprav projektu, a pod.

Pro tuto komplexní činnost, na rozsáhlých projektech vykonávanou týmy pracovníků, je nezbytná týmová spolupráce a komunikace. Softwarová aplikace Tunnel Supervision provádí vyhodnocování údajů o ražbách a je nástrojem nejen pro kontrolu, ale i pro optimalizaci ražeb, tj. významně přidává činnosti supervize na kvalitě a efektivitě. Příklady z praxe z některých zahraničních a domácích projektů dokladují přínosy supervize na tunelových projektech.

#### **ABSTRACT**

A supervision is a common instrument for controlling tunnel sites. In order to suit relevant project's purposes a supervision procedure is modified by local conditions, habits, codes and ways of allocating of the tunnelling project. DBB (Design-Bid-Build) approach with usage of terms and conditions of Red FIDIC is often used for organization of tunnel projects. Another approach used on tunnelling projects is DB (Design-Build) which employs terms and conditions of Yellow FIDIC.

Duties of tunnel supervision are specified in an agreement with the Client and for DBB type of contract can include but are not limited to the following activities – control of quantities and quality of construction works, geological mapping and determination of rock support classes, modification of rock support, health and safety check, financial matters, Client's representation, regular evaluation of tunnel excavation and reporting to the Client, quasi-arbitrator, proposing adjustments in design, etc.

For this comprehensive task, which is performed by teams of employees on large international projects, teamwork and good communication are necessary. The software application Tunnel

---

<sup>1</sup>Ing. Aristotelis Caravanas, 3G Consulting Engineers s.r.o., e-mail: ari.caravanas@tunnelsupervision.com

Supervision evaluates data from tunnels and is a tool not only for checking but also for optimizing excavations. A quality and effectivity of tunnel supervision work is significantly enhanced by usage of the software. Experience from real international and home tunnel projects confirms gains of supervision work.

## 1 Úvod

Úkoly supervize tunelových staveb jsou odlišné podle typu kontraktu. V článku se odkazuje na dva základní typy kontraktů neboli vzory smluvních podmínek, které se nejčastěji používají v podzemním stavitelství – tzv. „červený FIDIC“ a „žlutý FIDIC“ [2]. „Červený FIDIC“ představuje smluvní podmínky pro projekty typu DBB (Design-Bid-Build, tj. naprojektuj-nabídni-postav), kde se měří skutečně provedené práce při použití v podstatě neměnných jednotkových cen. Při takovém uspořádání má objednatel a jeho zástupce na stavbě (supervize) větší podíl na rozhodovacích a schvalovacích procesech při provádění ražeb. „Žlutý FIDIC“ jsou smluvní podmínky pro projekty typu DB (Design-Build, tj. naprojektuj-postav), kdy by celková stanovená cena měla být cenou konečnou.

## 2 Úkoly supervize

Mezi hlavní úkoly supervize na tunelových projektech, v závislosti na typu kontraktu a znění smlouvy mezi objednatelem a supervizí, patří nebo můžou patřit následující činnosti:

- Kontrola kvantity a kvality prováděných stavebních prací
- Zatřídění a geologické mapování
- Vyhodnocování ražeb
- Připomínkování a schvalování technologických postupů a další dokumentace
- Návrh a schvalování úprav projektové dokumentace, výjimečně projektování
- Finanční záležitosti, řešení „claimů“ zhotovitele
- Kvazi-arbitr
- Kontrola bezpečnosti a vlivu stavby na životní prostředí
- Zajišťování úzké a profesionální spolupráci účastníků výstavby
- atd.

V následujících podkapitolách jsou některé z výše uvedených činností popsány. Dále jsou uvedeny „nástroje“, které supervize obvykle používá při své činnosti; příklad složení týmu supervize a příklad softwarového systému, který je vhodným pomocníkem pro práci supervize na tunelových projektech.

### 2.1 Kontrola kvantity a kvality stavebních prací

V případě typu kontraktů „červený FIDIC“, kde rozpočet sestává z jednotlivých položek, supervize zpravidla kontroluje kvantitu a kvalitu prostavěných položek, např. stříkaného betonu, svorníků, rámu, sítí, třídy horninové výztuže a třídu ražnosti (u TBM otevřeného typu do skalních hornin), množství odčerpávané podzemní vody, před-injektáží a post-injektáží a vrtů pro injektáže, průzkumných předvrtů, atd. Jednotlivé položky musí být náležitě popsány a definovány ve smlouvě o dílo – např. kvalita, způsoby a četnost zkoušek a kontrol, způsob fakturování položek, apod.

U typu kontraktů „žlutý FIDIC“, je zpravidla práce supervize redukována a to zejména na plnou kontrolu definitivních částí díla. Způsob provádění ražeb a provizorní horninové výztuže je ve větší míře v kompetencích zhotovitele s tím, že supervize obvykle sleduje „okrajové podmínky“ - plnění harmonogramu, dodržování bezpečnosti, geologické podmínky,

apod. Cena za dílo je víceméně pevná, pokud se geologické podmínky pohybují v rozsahu stanoveným projektem.

V případě nedodržení kvality je supervize povinna na toto upozornit, trvat na opravě nebo ve zvláštních případech, a po odsouhlasení objednatelem, sankcionovat zhotovitele. Pro tyto účely se v zahraničí používají formuláře zvané Listy závad (Non-Conformance Records, NCR) pomocí kterých se závady na díle evidují a vyžaduje se jejich oprava. Součástí záznamu bývá detailní popis závady s fotodokumentací, popis jak vznikla, jaký má nebo může mít důsledek, žádost o opravu, záznamy provedených oprav a jejich schválení, tj. uzavření problému. Do ukončení výstavby by měly být všechny závady odstraněny a formuláře NCR uzavřeny.

## **2.2 Zatřídování a geologické mapování**

Na některých projektech může být supervize zodpovědná za mapování geologických podmínek na čelbě, zatímco na jiných projektech je tento druh mapování prováděn jinou organizací, tzv. geomonitoringem. I v takovém případě, kdy supervize provádí pouze kontrolu tohoto mapování, je vhodné, aby si pořizovala svoje nezávislé mapování tak, aby tato kontrola byla možná.

Mapování geologických podmínek je velmi důležitým podkladem pro určování tříd – tříd horninové výztuže a případně tříd ražnosti (u TBM otevřeného typu do skalních hornin). Rozdíl mezi projektem předpokládanými a skutečně aplikovanými / zastiženými třídami má při typu kontraktu „červený FIDIC“ klíčový vliv na cenu a harmonogram díla. Totéž platí i pro kontrakt typu „žlutý FIDIC“ v případech, kdy dojde k odchýlení skutečně zastižených geologických podmínek od projektem předpokládaných mimo předem definovanou mez. V závislosti na kontraktu zodpovídá za zatřídování zpravidla supervize nebo geomonitoring u typu kontraktu „červený FIDIC“ nebo zhotovitel u typu kontraktu „žlutý FIDIC“.

Bohužel se nezdá, že definice jednotlivých tříd a způsob jejich určování jsou zanedbány ve smlouvě o dílo. U typu kontraktu „červený FIDIC“ může dojít k tomu, že si zhotovitel v soutěži nastavil velmi rozdílnou ziskovost v jednotlivých třídách. To následně vyústí v situaci, kdy zhotovitel má zájem razit jen v určitých, jemu nejvyšší zisk přinášejících, třídách, které nemusí odpovídat skutečným geologickým podmínkám. Výše uvedené vede v průběhu výstavby k problémům, které mohou vyústit ve vleklé a nákladné právní spory. Úlohou supervize je pokud možno těmto problémům předcházet a v případě pokud nastanou, snažit se najít schůdnou cestu k řešení za dodržení smluvních podmínek a pokud to nelze, tak v mezích zákona dané země.

Proto je velmi důležité, aby v projektu a ve smluvních podmínkách bylo jednoznačně nastaveno, jak se bude zatřídovat a kdo bude za zatřídování zodpovědný. Rovněž je vhodné předem stanovit kvazi-arbitra, který bude rozhodovat v případě rozdílných názorů při zatřídování. Může se např. jednat o expertní komisi, která na projektu může působit výjimečně, např. s frekvencí několikrát v roce.

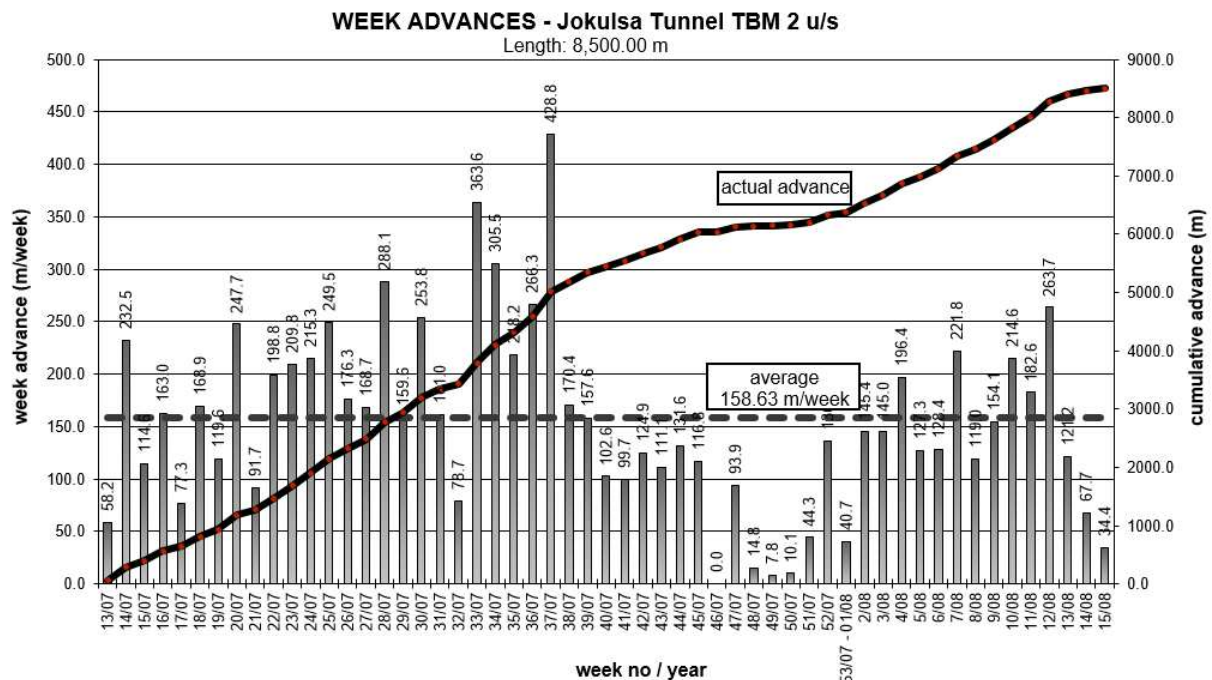
## **2.3 Vyhodnocování ražeb**

Kromě výše uvedeného zatřídování a mapování geologických podmínek supervize sleduje průběh prací, plnění harmonogramu a navrhuje opatření potřebná ke zrychlení prací, která poté mohou být objednatelem a zhotovitelem přijata. U ražeb tunelů je často třeba sledovat skutečný průběh postupu ražeb ve vztahu:

- k původnímu harmonogramu, který je založen na předpokládaném zastižení tříd horninové výztuže dle projektu, případně v kombinaci s třídami ražnosti (u TBM otevřeného typu do skalních hornin),

- k upravenému harmonogramu, který je založen na skutečně aplikovaných / zastižených třídách

Na obrázku č. 1 je uveden příklad skutečného postupu ražeb na islandském projektu Kárahnjúkar [1], kde probíhala ražba pomocí TBM otevřeného typu.



Obr. 1 Skutečný postup ražeb TBM otevřeného typu na projektu Kárahnjúkar [1]

Fig. 1 Actual advance of TBM of open type on Kárahnjúkar project [1]

Monitorování činností zhotovitele je důležitý prvek kontroly, který je zajišťován zejména tunelovými inženýry a inspektory - viz kapitola Tým supervize - přímo na místě v tunelu. Bez tohoto monitorování by supervize a objednatel neměli úplnou a pravdivou představu o tom, zda jsou práce vykonávány kvalitně a efektivně, v souladu se smlouvou a zda případná prodlení jsou zaviněná nebo nezaviněná zhotovitelem. Vytvoření pravdivého „obrázku“ o tom, co se děje při ražbách, je klíčové pro správné rozhodování a pro schvalování provedených prací, viz kapitola Finanční záležitosti.

Různé druhy prostojů, často provázející práce v podzemí, mohou být způsobeny řadou faktorů, z nichž jeden z nejvýznamnějších je kvalita zhotovitele a jeho motivace. Někdy se může ukázat, že prostoje jsou neúměrně prodlužovány z důvodu nekvalitně sepsané smlouvy o dílo, která patřičně nešetřuje zpoždění prací ze strany zhotovitele. Dalším významným důvodem zpoždění postupu ražeb, který téměř vždy uplatňuje zhotovitel, je výskyt obtížných geologických podmínek, které nebyly projektem očekávány. Úlohou supervize je posoudit míru odlišnosti skutečně zastižených geologických podmínek od projektem předpokládaných a v případě, že se prokáže odchýlení od stanovených mezí, tak navrhnout další postup. Supervize by ve svých řadách rovněž měla mít pracovníka schopného posoudit strojní výbavu zhotovitele, zda je náležitě udržovaná a dle smluvních podmínek.

Supervize má za povinnost pravidelně reportovat objednateli prostřednictvím denních zpráv o postupech ražeb, měsíčních zpráv, závěrečné dokumentace a dalších zvlášť vyžádaných dokumentů.

## 2.4 Úpravy v projektu / projektování

V některých, nutno dodat, že spíše výjimečných případech, obsahuje pracovní náplň supervize i tvorbu projektové dokumentace. V takovém případě je nutné, aby supervize měla své projekční oddělení.

V drtivé většině případů je však náplní supervize kontrola, připomínkování a případné schvalování projektové dokumentace, technologických postupů a další dokumentace. U kontraktů typu „červený FIDIC“ supervize může dále na stavbě navrhopvat nebo přímo po odsouhlasení modifikovat deformační limity a horninovou výztuž v jednotlivých třídách; instruovat předvrty v případech očekávaného zvýšeného přítoku podzemní vody do díla nebo v úsecích, kde jsou předpokládána poruchová pásma; a instruovat injektáže před čelbou výrubu. Dodatečné injektáže v/přes ostění tunelu tak, aby byla zajištěna odpovídající kvalita díla, bývají naopak zodpovědností zhotovitele.

## 2.5 Finanční záležitosti

Zpravidla v měsíčních intervalech jsou schvalovány vykonané práce, které slouží jako podklad pro platby zhotoviteli. U typu kontraktu „červený FIDIC“, tj. položkový kontrakt, se jedná o jednotlivé položky horninové výztuže, v některých případech třídy horninové výztuže a třídy ražnosti (např. u ražby pomocí TBM otevřeného typu), atd. Supervize má právo odmítnout nebo jen pouze částečně akceptovat nekvalitně provedenou práci.

Supervize také řeší „claimy“ zhotovitele a rozhoduje o jejich oprávněnosti. Pro výše uvedené je nutné, aby kvantita a kvalita vykonaných prací byla řádně monitorována a zaznamenávána tak, aby i po delším časovém období, např. několik let, bylo možné k těmto údajům přistoupit, viz kapitola Software pro supervizi ražeb.

V případech, kdy je to nutné, můžou být do kontraktu začleněny nové položky a nastaveny jejich ceny. V takovém případě supervize tyto položky schvaluje.

## 2.6 Kvazi-arbitr

Supervize má zajišťovat, že smlouva o dílo je řádně plněna, má aktivně vystupovat a předcházet nebo případně urovnávat spory mezi účastníky výstavby. Ve zvlášť sporných případech, kdy se nedaří nalézt dohodu, může supervize sloužit jako kvazi-arbitr. Zbývající účastníci smlouvy strany, tj. objednatel a zhotovitel, mají možnost výsledek rozhodnutí supervize akceptovat nebo odmítnout. V případě odmítnutí slouží obvykle jako další rozhodovací instance expertní komise.

## 2.7 Nástroje supervize

Pro svoji činnost používá supervize zejména následující prostředky:

- Instrukce zhotoviteli ve formě zápisů do stavebního deníku nebo lépe, jak je zvykem na zahraničních projektech, vydáváním instrukcí na samostatných formulářích.
- Dopisy adresované zhotoviteli nebo objednateli. Objednatel by měl ve všech případech dostat kopie dopisů vedených mezi supervizí a zhotovitelem. Veškerá písemná komunikace mezi objednatelem a zhotovitelem by se měla odehrávat prostřednictvím supervize.
- Listy závad (NCR), viz kapitola Kontrola kvantity a kvality stavebních prací.
- Jednání, z kterých se pořizují záznamy.

Tuto dokumentaci musí supervize pečlivě evidovat, sledovat její plnění a její vzájemné návaznosti. Bez vhodného softwarového nástroje není možné výše uvedené efektivně plnit.

### 3 Složení týmu supervize

Tým supervize může sestávat nejen z tunelových inženýrů, geologů, materiálových inženýrů, inspektorů, konzultantů, administrativních pracovníků, ale jeho součástí může u velkých projektů a dle typu zajišťovaných služeb být i právní expert na stavební právo, projekční tým, apod. Aby byl tým supervize úspěšný, měl by obsahovat pracovníky se zkušenostmi ze supervizí, realizace a projektování podzemních staveb a experta na smluvní podmínky ve výstavbě.

Níže je uveden příklad složení týmu supervize dozorující ražby podzemních objektů při stavbě cca 80 km tunelů, šachet a kaveren pro podzemní hydroelektrárnu. Jednalo se o položkový kontrakt „červený FIDIC“, kdy supervize zodpovídala za geologické mapování, zatřídování, tvorbu/úpravu projektové dokumentace, atd. Ražby se odehrávaly až na cca 15 čelbách najednou na třech velkých staveništích vzdálených od sebe několik desítek kilometrů. Na každém ze stavenišť bylo složení týmu supervize zhruba následující:

- tři 12 hod. směny střídající se na nepřetržitém dozoru cca čtyř simultánně ražených čelb; každá směna sestávala z tunelového inženýra, geologa a jednoho až dvou inspektorů;
- Resident Tunnel Engineer, který zodpovídal za výše uvedené pracovníky a měl k dispozici inspektora s mnohaletou zkušeností s realizací podzemních staveb;
- tým pro materiálové zkoušky sestávající cca ze 3 členů, které vedl Laboratory Engineer;
- v případech, kdy ražba probíhala pomocí tunelovacích strojů, byl součástí týmu expert na strojní a elektro vybavení;
- výše uvedené odborníky zaštiťoval na každém staveništi tzv. Chief Resident Engineer, tyto pak podléhali hlavnímu manažerovi stavby;
- v hlavní kanceláři byl k dispozici projekční tým, hlavní geolog, tunelový specialista, expert na stavební právo, finanční oddělení, administrativní pracovníci, a pod.

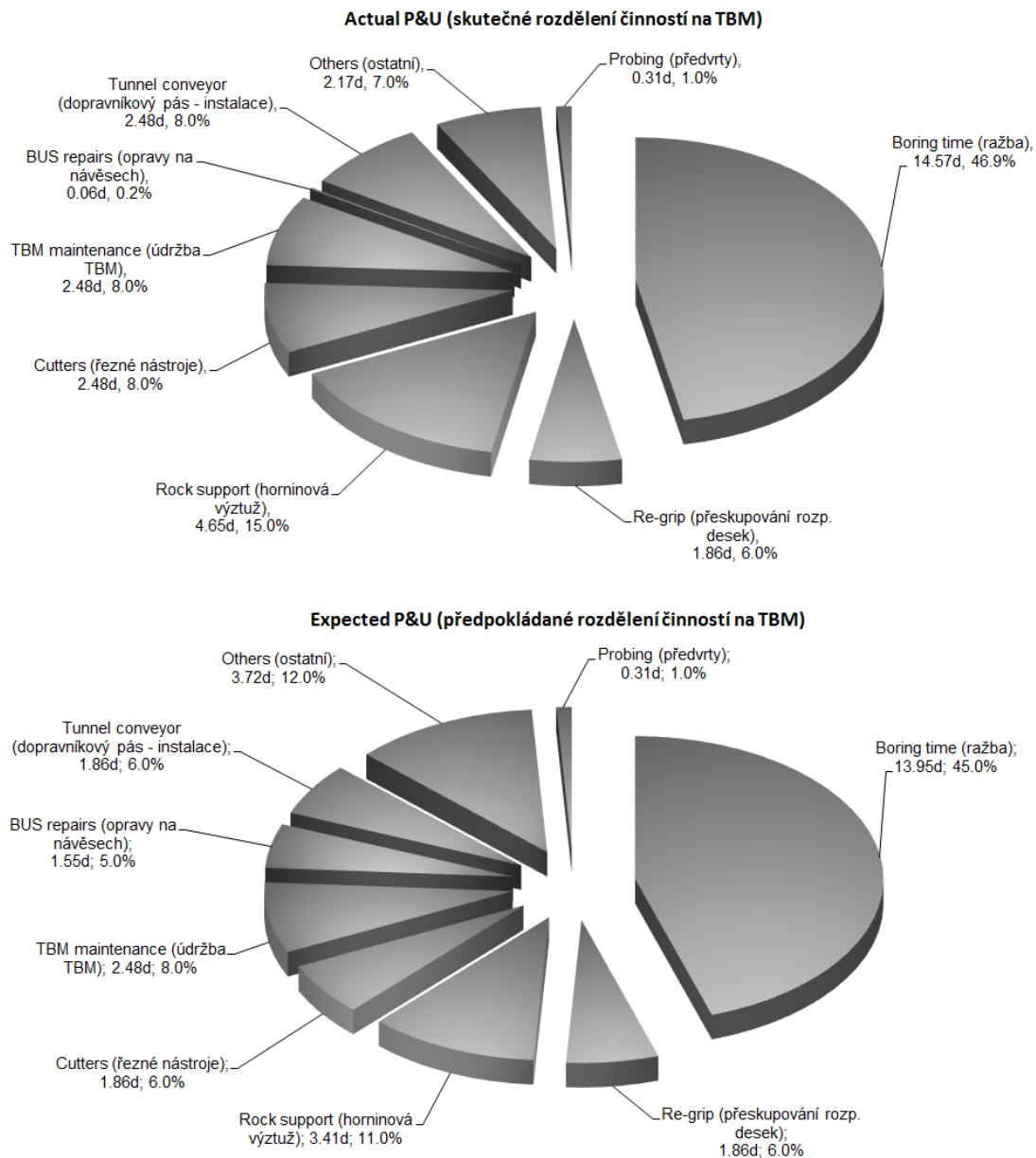
Na jiných stavbách bylo složení týmu supervize odlišné, přizpůsobené druhu projektu, typu kontraktu, úkolům supervize specifikovaných smlouvou, apod.

### 4 Software pro supervizi ražeb – Tunnel Supervision

U každého stavebního projektu dochází v průběhu výstavby k rozhodnutím ovlivněnými skutečnostmi vzniklých při výstavbě. U projektů podzemních staveb jsou rozhodovací procesy na vyšší úrovni a je velmi důležité, aby tyto procesy – např. rozhodování o zatřídování, použití horninové výztuže, délce záběru, tvaru a rozměrech výrubu, přídatné výztuži nebo injektážních prací, atd. – běžely v průběhu výstavby hladce. Skutečné podmínky v podzemí se totiž mohou velmi často měnit a zbývá obvykle jen velmi krátký čas na přijetí rozhodnutí. Navíc po aplikaci horninové výztuže již není masív přístupný pro pozdější mapování. K tomu je nejen nutné správně nastavit rozhodovací pravomoci, ale zároveň shromažďovat průběžně data, která jsou k těmto rozhodnutím potřebná. Může se například jednat o následující údaje:

- postupy ražeb;
- geologické mapování;
- data o zatřídění;
- data o skutečně použité horninové výztuži;
- údaje o kvalitě provedených prací;
- monitoring deformací, hydrogeologických podmínek, apod.;
- výsledky materiálových a dalších zkoušek;
- údaje z předvrtů;

- činnosti a prostoje při ražbách na jednotlivých čelbách;



Obr. 2 Porovnání mezi skutečným a smlouvou předpokládaným rozdělením činností a prostoje při ražbě tunelu pomocí TBM otevřeného typu [1]

Fig. 2 Production and Utilisation Chart of TBM of open type - comparison between actual and expected values [1]

- pracovní charakteristiky tunelovacích strojů nebo případně použité strojní vybavení;
- vydané instrukce a listy závad;
- zápisy z jednání;
- reporty o postupech ražeb a jiné reporty;
- projektovou dokumentaci a její aktualizace, tj. platné verze;
- technologické postupy, apod.
- a celá řada dalších údajů, jejichž výčet by byl na samostatný článek.

Aby rozhodování v průběhu výstavby bylo správné, je nutné data vhodným způsobem a na vhodném místě shromažďovat a následně analyzovat. Za tímto účelem je běžné použít specializovaný software. Příkladem takového softwaru je aplikace Tunnel Supervision, která byla a je používána na tunelových projektech. Vyšší verzi této aplikace je možné používat online a umožnit tak sdílení vybraných dat určitým způsobem účastníkům výstavby. Podle přiděleného oprávnění se ve vybraných datech nechá vyhledávat, data se mohou prohlížet anebo vytvářet a upravovat a dále lze nad daty automaticky provádět vybrané analýzy a tisknout reporty. Viz obrázek č. 2, kde je uvedeno porovnání mezi skutečným a smlouvou předpokládaným rozdělením činností a prostoje při ražbě tunelu pomocí TBM otevřeného typu. Jednalo se o projekt podzemní hydroelektrárny Kárahnjúkar [1], kde jedno ze tří nasazených TBM dosáhlo v měsíci červnu 2007 velmi dobré shody s očekávaným rozdělením činností (vypočteným nad skutečně aplikovanými třídami horninové výztuže a zastiženými třídami ražnosti).

## 5 Závěr

Supervize má u podzemních staveb velmi důležitou roli a může významně přispět k tomu, aby byl projekt realizován v odpovídající kvalitě s tím, že cena a harmonogram dodrží smluvní podmínky. Obrazně řečeno supervize vynáší z podzemní tmy na světlo světa pokud možno nezávislé informace neovlivněné partikulárními zájmy ostatních účastníků výstavby.

U podzemních staveb často dochází k prodloužení doby výstavby a k navýšení ceny díla a to z tzv. „geologických“ důvodů, za kterými se nezřídka skrývají pochybení při výstavbě, špatně nastavené smluvní podmínky, případně nedostatky v projektové dokumentaci nebo nedostatečně provedený geologický průzkum. Úlohou supervize je tyto chyby rozkrývat, pokud možno včas na ně upozorňovat, nalézat řešení a snažit se o to, aby se dalším chybám předcházelo. Supervize by měla přispívat k zefektivnění výstavby za dodržení bezpečnostních podmínek a kvality díla.

Po čas výstavby je nutné spravovat databanku všech relevantních dat shromážděných při stavbě jako např. údaje o geologii, třídách, deformacích, kvalitě prací, časové snímky směn, vlivu na životní prostředí, fotodokumentaci, atd. Po skončení výstavby mohou být vybraná data předána klientovi a mohou sloužit později jako podklad např. v případě poškození díla, apod.

## 6 Seznam použité literatury

- [1] Aristotelis Caravanas, Tunely pro elektrárnu Kárahnjúkar, časopis Tunel 1/2009
- [2] Lukáš Klee, David Hruška, Jak účelně alokovat riziko nepředvídatelných fyzikálních podmínek u podzemních staveb?, časopis Tunel 3/2013