

## Niektoré výsledky monitorovania procesu razenia tunela Branisko strojom Wirth TB-II-330H/M

Edita Lazarová <sup>1</sup>

### Some results of monitoring the boring of the tunnel Branisko with tunnel boring machine Wirth TB-II-330H/M

Paper presents results of monitored parameters of tunnel boring machine Wirth TB-II-330H/M obtained for the tunnel Branisko.

**Key words:** force of cutterhead of TBM, revolutions of cutterhead, torsional moment of cutterhead, penetration rate, specific energy.

### Úvod

V r.1996 bola podpísaná medzi Banskými stavbami, a.s., Prievidza a Ústavom geotechniky SAV v Košiciach zmluva o spolupráci, ktorou sa nadviazalo na dlhoročnú, obojstranne prospešnú spoluprácu v oblasti riešenia problematiky plnoprofilového mechanizovaného razenia. Témou tejto novej spolupráce je monitorovanie a optimalizácia procesu razenia pri razení tunela Branisko. V rámci tejto zmluvy bol na raziaci stroj Wirth TB-II-330H/M inštalovaný počítačový systém, ktorý okrem snímania a spracovania vstupných a výstupných veličín procesu razenia zabezpečuje aj priebežné určovanie optimálneho režimu razenia. Zariadenie podľa požiadaviek ÚGt SAV vyrobila firma Kopex, s.r.o., Košice. Do prevádzky bolo uvedené 22.1.1997 a v súčasnosti poskytuje údaje z razenia s naprogramovanou periódou snímania dát 2,3 s.

### w - Optimalizátor raziaceho stroja

Optimalizačné algoritmy počítačového systému sú nastavené tak, aby garantovali efektívne využívanie diskov na diskovej hlave, t.j., aby bola v procese razenia minimalizovaná intenzita opotrebovania diskov. Informáciu o splnení, resp. nespĺnení tejto podmienky sprostredkujú monitorované hodnoty mernej objemovej práce rozpojovania w. Vychádza sa pritom z teoretických a experimentálne potvrdených poznatkov, že medzi mernou objemovou prácou rozpojovania a intenzitou opotrebovania rozpojovacích nástrojov existuje lineárny vzťah. Preto sme optimalizačnú nadstavbu monitorovacieho počítačového systému nazvali w - optimalizačný systém, ktorý

System WORS je koncipovaný ako nezávislý monitorovací a optimalizačný systém, ktorý nezasahuje do riadenia procesu razenia, t.j. neovplyvňuje činnosť jednotlivých technologických operácií uskutočnených osádkou raziaceho stroja. Jeho výstupom je hodnota doporučeného prítlaku diskovej hlavy na čelbu, ktorú má osádka k dispozícii na displeji počítačového systému.

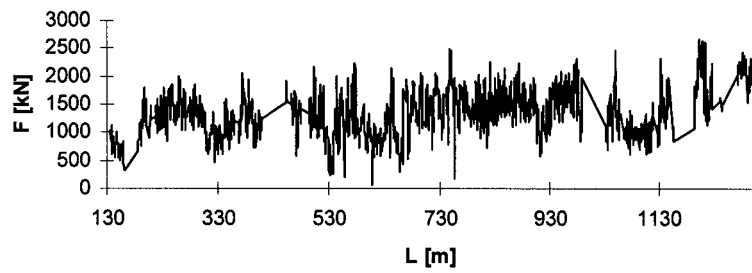
### Experimentálne výsledky

Cieľom tohto príspevku je prezentovať len výsledky základného monitoringu, ktorý obsahuje nasledovné spracované údaje:

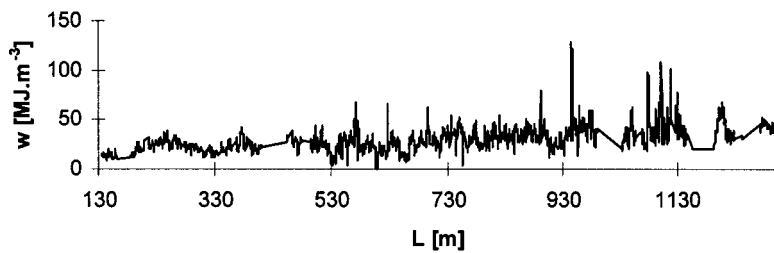
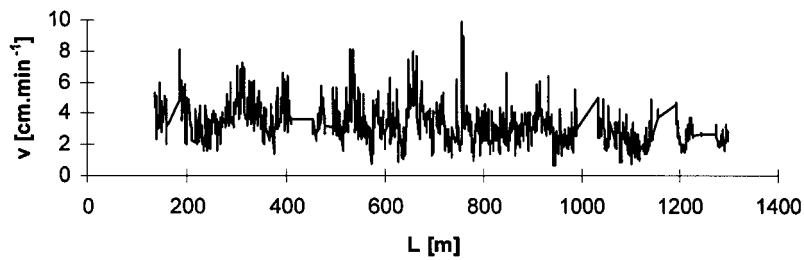
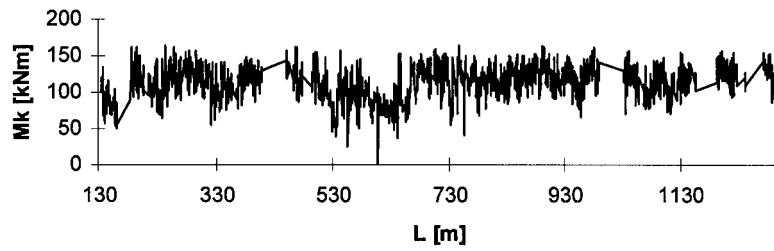
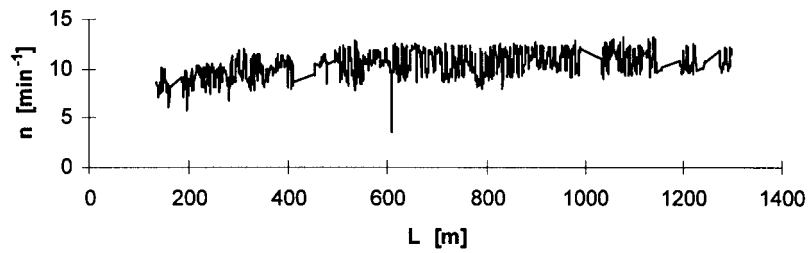
- |                      |   |
|----------------------|---|
| a) vstupné veličiny  | - aplikovaný prítlak hlavy raziaceho stroja F [kN],               |
|                      | - používané otáčky hlavy raziaceho stroja n [min <sup>-1</sup> ], |
| b) výstupné veličiny | - krútiaci moment hlavy raziaceho stroja M <sub>k</sub> [kNm],    |
|                      | - rýchlosť postupu raziaceho stroja v [cm.min <sup>-1</sup> ],    |
|                      | - merná objemová práca rozpojovania w [MJ.m <sup>-3</sup> ].      |

Získané výsledky sú prezentované na priložených obrázkoch 1. a 2.

<sup>1</sup> Ing. Edita Lazarová, CSc. Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice  
(Recenzovali: Doc. Ján Pinka, CSc. a Ing. František Krepelka, CSc. Revidovaná verzia doručená 23.10.1997)



Obr.1. Závislosť prítlaku diskovej hlavy raziaceho stroja -  $F$  od staničenia -  $L$  tunela Branisko.



Obr.2. Závislosti otáčok diskovej hlavy -  $n$ , krútiaceho momentu -  $M_k$ , postupovej rýchlosti raziaceho stroja -  $v$  a mernej objemovej práce rozpojovania -  $w$  od staničenia -  $L$  tunela Branisko.

### Diskusia výsledkov

Každý bod prezentovaných výsledkov monitorovania predstavuje priemernú hodnotu uvedených veličín pri spracovaní úseku razenia cca 25 cm, ktoré boli získané v období január až jún 1997. Hodnoty prítlaku diskovej hlavy raziaceho stroja  $F$  [kN], krútiaceho momentu  $M_k$  [kNm] a postupovej rýchlosti v [ $\text{cm}\cdot\text{min}^{-1}$ ] citlivo reagujú na zmeny vlastností rozpojovaných hornín a zmeny stavu diskov a diskovej hlavy raziaceho stroja. Pritom základná riaditeľná veličina  $F$  bola v prevažnej miere ovplyvňovaná zásahmi osádky stroja tak, aby stroj pracoval v optimálnom režime razenia. Vyplyva to z porovnania aktuálnych hodnôt aplikovaného prítlaku pri razení a hodnôt doporučeného prítlaku optimalizátorom WORS, ktoré sú súčasťou protokolu o razení. Výraznejšie odchýlky medzi týmito dvoma veličinami boli zaznamenané len v prípadoch, keď rozpojovaná hornina a stav diskovej hlavy neumožňoval akceptovanie vyšších doporučených prítlakov, z dôvodu vysokých špičkových hodnôt krútiaceho momentu. Pritom priemerné hodnoty krútiaceho momentu stroja Wirth TB-II-330H/M je 260 kNm. Z dôvodov optimalizačných zásahov do procesu riadenia režimu razenia sú aj hodnoty mernej objemovej práce rozpojovania horniny  $w$  [ $\text{MJm}^{-3}$ ] diskovou hlavou raziaceho stroja adekvátne priemernej hodnote minima tejto veličiny vo vyhodnotenom úseku. Z teórie je známe, že v tomto prípade sú hodnoty mernej objemovej práce rozpojovania a pevnostné vlastnosti horniny lineárne závislé. Z nameraných výsledkov je vidieť, že v diskutovanom úseku razenia tunela Branisko je generálny trend hodnôt mernej objemovej práce rozpojovania rastúci. Z toho je možné dedukovať, že v priebehu razenia dochádzalo k nárastu pevnosti horninového masívu, čo je dané pravdepodobne aj vplyvom zvyšujúcej sa hĺbky tunela pod povrchom.

### Záver

Použitie optimalizátora WORS na raziacom stroji Wirth TB-II-330H/M pri razení tunela Branisko prinieslo rad ďalších poznatkov, ktoré môžu byť použité pri ďalšom zdokonaľovaní optimalizačných sústav pre túto technológiu rozpojovania hornín a pre ďalšie teoretické štúdie. Ukázalo sa, že niektoré teoretické a experimentálne overené predpoklady optimalizácie razenia v laboratórnych podmienkach sú v podmienkach in situ veľmi citlivé, pretože pri razení sa neustále mení horninové prostredie na čelbe, čo z hľadiska optimalizácie núti osádku raziaceho stroja k neustálym zásahom. V súčasnej dobe uskutočňované podrobné analýzy získaných dát smerujú k tomu, aby sa určili parametre a konštanty algoritmu a optimalizácie tak, aby systém bol prispôsobený pre konštrukčné charakteristiky konkrétneho raziaceho stroja.

Počas razenia sa vyskytlo niekoľko extrémnych situácií, ktorým bol počítačový systém vystavený, a ktoré nebolo možné predvídať, napr. časté vypadávanie napájacieho napätia, jeho kolísanie v značných rozsahoch, pôsobenie tlakového prúdu vody pri prasknutí hadice od čerpadla a pod. Aj keď článok obsahuje len informácie o základných monitorovaných veličinách, vytvorili sme rozsiahlu metodiku počítačového spracovania kontinuálneho hodnotenia vlastností horninového masívu a metodiku hodnotenia pracovnej schopnosti diskovej hlavy, založenej na sledovaní výmien diskov.