

Alois BURÝ\*

## SIMULAČNÍ MODEL Y MATERIÁLOVÉHO ZABEZPEČENÍ VÝROBY A DOPRAVNÍ LOGISTIKY NA HLUBINNÝCH DOLECH

SIMULATION MODELS OF MATERIAL SECURING PRODUCTION AND TRANSPORT  
LOGISTICS IN UNDERGROUND MINES

### Abstrakt

Článek se zabývá tvorbou simulačních modelů pro účely zabezpečování důlních pracovišť materiálem tak, aby materiál byl vždy k dispozici a nedocházelo ke zbytečným prostojům a tím i ekonomickým ztrátám. Realizované simulační modely pak mohou sloužit pro projektování a optimalizaci dopravní logistiky na uhelném hlubinném dole, i jako prostředek pro získávání informací tak, aby řídicí pracovník mohl učinit kvalifikované rozhodnutí při rutinním řízení toků materiálu.

### Abstract

The paper deals with creation of simulation models for safeguarding of underground working sites with supplies of material so that material would be always available and useless stoppages resulting into economic losses would not happen as well. The realised simulation models then can serve both for projection and optimisation of transport logistics in underground coal mine, and also as a means for obtaining information enabling a management personnel for making high – qualified decisions concerning routine control of material flow.

**Key words:** simulation model, transport logistics, material flows, optimisation.

### Úvod

Zabezpečování přípravných pracovišť materiálem a důlní výstrojí patří mezi náročné úkoly dopravní logistiky na důlních podnicích. Tato součást výrobní logistiky hlubinného dolu zajišťuje správný chod materiálových toků v rámci celého komplexu hlubinného dolu, a to jak na jeho povrchu, tak i v hlubinné části, v uhelných polích.

Problematika zabezpečování přípravných pracovišť materiálem a důlní výstrojí je charakteristická svou složitostí a náročností také proto, že z hlediska organizační struktury se jejím řízením zabývají různé útvary, které spadají pod pravomoci různých náměstků, respektive jiných vedoucích řídicích pracovníků. Doprava materiálu jak nového, tak i znovupoužitého, a případně i materiálu určeného k renovaci v dílnách, z plněných pracovišť, není řízena z jednoho centra. Vzniká celá řada disproporcí, zvláště vyskytne-li se mimořádná situace.

Základním úkolem podsystemu zabezpečování přípravných pracovišť materiálem je řízení dopravy materiálu na důlní pracoviště tak, aby materiál byl vždy k dispozici v požadovaném množství i sortimentu, i přes poruchové vlivy různého charakteru. Není – li požadovaný materiál k dispozici, vznikají nežádoucí prostoje v přípravě těžebních kapacit, což vede na ekonomické ztráty dolu. Řízení celého procesu musí zabezpečit optimalizaci dodávek materiálů tak, aby nevznikaly zbytečné prostoje, které by byly příčinou zdržení přípravy porubů, a tedy výpadků v těžbě, a ve svém konečném důsledku i nízké produktivity a nerentabilnosti dobývacího procesu.

Aby bylo možné řídit celý proces dopravní logistiky ve všech jeho souvislostech, je nutné mít k dispozici simulační modely. Simulační modely realizované na počítači, za pomoci vhodného simulačního programu a matematické formalizace modelu musí vycházet z konkrétních analýz provozních situací, dopravního systému a organizační struktury. V rámci řešení grantového projektu, *Simulační modely pro*

---

\* Prof. Ing., CSc., Institut ekonomiky a systémů řízení, HGF VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15,  
708 33 Ostrava-Poruba, e-mail: alois.bury@vsb.cz

logistické řízení přípravných prací na uhelném hlubinném dole (GAČR 105/01/0009), se zabýváme na našem pracovišti tvorbou simulačních modelů pro účely projektování, organizování a řízení dopravy materiálu a důlní výstroje na přípravná pracoviště hlubinných uhelných dolů. Součástí je i optimalizace, jejíž kritériem je minimalizace prostojů.

## Analýza podsystemu materiálového zabezpečení výroby

Analýza podsystemu materiálového zabezpečení důlních pracovišť materiálem vychází jednak z analýzy užitého dopravního systému na konkrétním dole, a jednak z analýzy systému organizace a řízení tohoto podsystemu.

Prvním krokem pro tvorbu počítačového modelu je analýza systému dopravy a zabezpečování přípravných pracovišť materiálem na daném hlubinném dole (Burý 2001). Obecná systémová struktura, která je realizována v různých modifikacích na uhelných hlubinných dolech (Burý, Čech 2001), má část povrchovou a část hlubinnou. Povrchová část hlubinného dolu, vzhledem k zabezpečování pracovišť materiálem, spadá do podsystemu materiálně-technického zásobování. Ten se týká problematiky dodavatelsko -odběratelských vztahů, dodávky materiálů od dodavatelů, skladování materiálu na skládkách a ve skladech na povrchu dolu. Seřadovací kolejiště u jámy obvykle tvoří systémově hranici mezi oblastí materiálně technického zásobování a oblastí podsystemu materiálového zabezpečení výroby.

Oblast zásobování důlních pracovišť materiálem zahrnuje dopravu materiálu a důlní výstroje z povrchu dolu na důlní patro a odtud pak na jednotlivá důlní pracoviště, systémem kontrolované dodávky materiálu dle aktuální spotřeby, která se může měnit například z důvodu změněných hornicko- geologických podmínek, apod.. V zájmu co možná největší plynulosti dopravy materiálu a důlní výstroje na pracoviště je žádoucí, aby se vlaky s materiálem seřazovaly podle pater a míst spotřeby, již na seřadovacím kolejišti u materiálové jámy.

Doprava materiálu a důlní výstroje na přípravná pracoviště, po popuštění materiálovou jámou z povrchu dolu na důlní patro se zajišťuje třemi způsoby: kolejovou dopravou, dopravou po závěsné drážce, nebo kombinovaným způsobem. Kombinovaný způsob, nejvíce používaný, je tvořen dopravou po kolejích do místa překladiště a po přeložení materiálu na závěsnou drážku, pak dopravou po závěsné drážce až na přípravná pracoviště. Rozdělení všech typů materiálu a výstroje do skupin, popis přepravních jednotek pro dopravu kolejovou a dopravu po závěsné drážce, je uveden v Strakoš et al. (1980).

Obrácený směr dopravy, z dolu na povrch, mají toky materiálů z likvidovaných důlních pracovišť. Po jejich rozřídění, dle stupně opotřebování jsou buď směřovány do dílen na povrchu dolu k renovaci, nebo do opravárenských závodů nebo sběrný. Po renovaci v dílnách dolu se materiál znovu použije a připojuje se tak k tokům materiálu nového, nepoužitého. Na některých uhelných hlubinných dolech je i možnost renovace materiálu a výstroje v dílnách, umístěných přímo podzemí. Po renovaci se tento materiál opět připojuje k dopravě materiálu nového, nepoužitého.

Přičemž doprava materiálu a důlní výstroje je typem dopravy přerušované. Dopravuje se různorodý materiál, a operace překládání, skládání materiálů na odstavných místech, sestavování vlaků s materiálem, mají v časovém harmonogramu výrazný význam. Pracovní cyklus při dopravě od jednoho skladovacího místa k druhému je následující, viz. tab. 1.

Tab. 1: Skladba dopravních cyklů

Čas. ztráta	Nakládání	Čas. ztráta	Doprava	Čas. ztráta	Vykládání
$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$T_6$

Operace nakládání a vykládání zabírají nezanedbatelnou část celkové doby a jsou mnohdy srovnatelné s dobou dopravy. Ztrátové časy  $T_1$ ,  $T_3$ , a  $T_5$  odpovídají například době manipulace s lokomotivou, přípravě vozíků dopravního systému závěsné drážky, apod.

Pro procesy komplexnější povahy, jakým je i řízení dopravní logistiky na uhelném hlubinném dole, je dobré vycházet při tvorbě modelů, z analýzy systému organizace a řízení, dle zásad metodiky tvorby automatizovaných řídicích systémů. Analýza je pak dána posloupností struktur

$$S_3 \Rightarrow S_2 \Rightarrow S_4.$$

Při analýze systému organizace a řízení zabezpečování přípravných pracovišť materiálem je nutno vycházet z organizační struktury  $S_3$  důlního podniku. Organizační struktura určuje skladbu a vzájemné vazby všech zainteresovaných řídicích center, mezi jejichž operátory je rozdělen soubor funkcí řídicího systému, ve vzájemných souvislostech a vazbách, reprezentujících hierarchii vztahů podřízenosti. Lze ji znázornit orientovaným grafem

$$G_3 = \{S_3, I_3, r\},$$

$$S_3 \equiv \{\dots, S_{3i}, \dots, S_{3ij}, \dots\},$$

kde  $S_{3i}, \dots, S_{3ij}, \dots$  jsou prvky organizační struktury a  $I_3 \equiv \{I_{3i}, \dots, I_{3ij}, \dots\}$  jsou hrany grafu reprezentující hierarchii vztahů mezi jednotlivými organizačními a řídicími centry ve vzájemných relacích  $r$ .

Z hlediska analýzy systému organizace a řízení dopravy materiálu na důlní pracoviště může posloužit příklad z Dolu ČSA, těžební lokality Doubrava. Organizační struktura  $S_3$  byla vytvořena na základě organizačního schéma dolu. Byly však vzaty v úvahu pouze ty organizační útvary, které se nějakým způsobem podílejí na zajišťování důlních pracovišť materiálem a výstrojí. Na řízení a zajišťování procesu dodávky materiálu na důlní pracoviště se podílí organizační útvary jednak závodního dolu, ale i útvary technického náměstka a útvaru ekonomického náměstka.

Podsystem organizační struktury útvaru závodního dolu Doubrava ( $S_{3,1,1}$ ) je členěn na:

- Útvar vedoucího větrání (úsek vrtání).
- Provoz rubání (úsek rubání).
- Provoz příprav (úsek příprav).
- Provoz dopravy (úsek dopravy).

Dále se podsystem organizační struktury provozu dopravy ( $S_{3,1,1,4}$ ) se člení na:

- Vertikální dopravu.
- Horizontální dopravu (která je dále členěna na kolejovou dopravu a na závěsnou centrální dopravu).

Podsystem organizační struktury technického náměstka ( $S_{3,2}$ ) je členěn na:

- Odbor povrchových provozů.
- Provoz centrálních služeb.

Podsystem organizační struktury ekonomického náměstka ( $S_{3,3}$ ), vzhledem k dané problematice, obsahuje odbor hospodaření s materiálem a tomu je podřízen úsek nádvohí.

Následuje vytvoření funkční struktury  $S_2$ , která vyjadřuje všechny druhy činností řídicího systému. Prvky funkční struktury jsou jednotlivé vykonávané funkce (řídicí a kontrolní činnosti), ve vzájemných vztazích mezi vykonávanými řídicími funkcemi a posloupnosti jejich realizací. Přičemž se funkčními modely příslušných řídicích center rozumí seznamy řídicího personálu v každém řídicím centru, spolu s příslušnými popisy vykonávaných řídicích funkcí. Funkční strukturu lze rovněž prezentovat orientovaným grafem

$$G_2 = \{S_2, I_2, r\},$$

$$S_2 \equiv \{\dots, S_{21}, S_{22}, \dots, S_{2i}, \dots, S_{2ij}, \dots\},$$

kde  $\dots, S_{21}, S_{22}, \dots, S_{2i}, \dots, S_{2ij}, \dots$  jsou prvky funkční struktury představující jednotlivé vykonávané funkce,  $I_2 \equiv \{I_{2i}, \dots, I_{2ij}, \dots\}$  jsou hrany grafu vyjadřující vzájemné vztahy mezi vykonávanými funkcemi v relacích  $r$  a posloupnosti jejich realizací.

V procesu analýzy je třeba doplnit funkční strukturu seznamy a charakteristikami daných vstupních informací a tím se vytvoří informační struktura. Informační struktura vyjadřuje směry a charakteristiky informačních toků. Lze ji definovat buď pro soubor funkcí řídicího systému, nebo pro soubor řídicích center, ve vzájemných souvislostech, prezentovaných informačními toky. Ke každému informačnímu toku je nutno přiřadit parametry předávaných informací a jejich četnost. Informační strukturu je možné znázornit orientovaným grafem

$$G_4 \equiv \{S_4, I_4, r\},$$

kde uzly grafu představují množinu funkcí nebo množinu řídicích center:  $S_4 = \{\dots, S_{4i}, \dots, S_{4j}, \dots, S_{4ij}, \dots\}$  a hrany vyjádřené v grafu  $I_4 = \{\dots, I_{4i}, \dots, I_{4ij}, \dots\}$  vyjadřují informační toky mezi nimi.

## Matematická formalizace problému

Organizačně - řídicí činnosti, ale i činnosti pracovně - technologického charakteru, které jsou i obsahem problematiky zajišťování důlních pracovišť materiálem, lze modelovat a matematicky formulovat pomocí hranově orientovaného síťového grafu  $G [U, H, Q]$ . Ten je zadán množinou uzlů  $U = \{1, 2, \dots, i, \dots, j, j+1, \dots, n-1, n\}$ , incidenčních relací  $Q$  a množinou orientovaných hran  $H = \{(i, j) : i \in U, j \in U, i < j\}$ .

Jednotlivé činnosti (operace) jsou v síťovém grafu znázorněny orientovanými hranami, které jsou vymezeny dvěma uzly síťového grafu. Každé hraně  $(i, j) \in H$  se přiřazuje doba trvání příslušné činnosti  $t_{ij} \geq 0$

(například doba trvání dopravy materiálu po závěsné drážce, doba trvání renovace materiálu apod.). K práci se síťovými grafy a k síťové analýze se užívají i další číselné časové charakteristiky, viz tab. 2.

Tab. 2: Označení a význam číselných časových charakteristik síťového grafu

Symbol	Číselná časová charakteristika
$t_{ij}$	Doba trvání činnosti $(i,j)$ , $i < j$ .
$t_i^{(0)}$	Nejdříve možný termín zahájení činnosti $(i,j)$ .
$t_i^{(1)}$	Nejpozději přípustný termín začátku činnosti $(i,j)$ .
$t_j^{(0)}$	Nejdříve možný termín ukončení činnosti $(i,j)$ .
$t_j^{(1)}$	Nejpozději přípustný termín ukončení činnosti $(i,j)$ .
$T_E^i$	Nejdříve možný termín realizace uzlů $(i)$ . Obdobně lze definovat i pro uzel $(j)$ .
$T_L^i$	Nejpozději přípustný termín realizace uzlu $(i)$ . Obdobně lze definovat i pro uzel $(j)$ .

Pro časové termíny určujících „přípustné“ umístění činnosti  $(i,j)$  na časové ose platí:

$$t_i^{(0)} \leq t_i^{(1)} \leq t_j^{(0)} \leq t_j^{(1)}.$$

Za předpokladu nepřetržitého konání činnosti  $(i,j)$ , která je ohodnocena dobou trvání -  $t_{ij}$  platí:

$$t_j^{(0)} = t_i^{(0)} + t_{ij} \text{ a } t_j^{(1)} = t_i^{(1)} + t_{ij}.$$

Výchozím uzlem pro síťovou analýzu je počáteční uzel, tj. uzel s nejnižším indexem:  $T_E^1 = t_1^{(0)} = t_{zp}$ , kde  $t_{zp}$  je časem zahájení projektu. Další uzly síťového grafu (při postupu vpřed) jsou podřízeny následujícím vztahům:

$$t_i^{(0)} = T_E^i,$$

$$T_E^j = \max_{(i,j) \in H} (T_E^i + t_{ij}), \text{ pro } i=1,2,3,\dots,n-1, j=2,3,\dots,n.$$

Při druhé fázi síťové analýzy (postupu vzad) je výchozím uzlem pro výpočet poslední uzel síťového grafu, tj. uzel s nejvyšším číslem. V této fázi ztotožníme nejpozději přípustný termín realizace projektu s nejdříve možným termínem ukončení projektu:

$$T_E^n = T_L^n = \lambda = t_n^0 = t_n^1,$$

kde  $n$  je poslední uzel síťového grafu a  $\lambda$  je plánovaný termín dokončení projektu. Předcházející uzly se dále počítají dle algoritmu:

$$t_j^{(1)} = T_L^j, t_i^{(1)} = t_j^{(1)} - t_{ij}, T_L^i = \min_{(i,j) \in H^*} (T_L^j - t_{ij}).$$

V průběhu síťové analýzy lze u jednotlivých modelů zjistit časové rezervy. Ty jsou určeny vzájemným vztahem dob trvání jednotlivých operací a číselných časových charakteristik. Pro každou činnost  $(i,j)$  lze rozeznat několik druhů časových rezerv (tabulka 3).

Tab. 3: Definice časových rezerv

Časová rezerva	Číselná hodnota
Celková časová rezerva	$R_{ij}^C = t_j^{(1)} - t_i^{(0)} - t_{ij} = T_L^j - T_E^i - t_{ij}$ , je-li $R_{ij}^C = 0$ , jde o kritickou činnost.
Volná časová rezerva	$R_{ij}^V = T_E^j - T_E^i - t_{ij}$
Nezávislá časová rezerva	$R_{ij}^N = \max(0; T_E^j - T_L^i - t_{ij})$
Závislá časová rezerva	$R_{ij}^Z = T_L^j - T_L^i - t_{ij}$
Interferenční časová rezerva	$R^i = T_L^i - T_E^i$ , je-li $R_{ij}^C = 0$ , pak jsou i $R^i = 0$ a $R^j = 0$ .

Podle jednotlivých rezerv dále můžeme určit činnosti, které leží na tzv. kritických či subkritických cestách, popřípadě vhodně zasahovat do dílčích činností celé řízené akce.

## Stochastický model

Činnosti v zajišťování důlních pracovišť materiálem a důlní výstrojí jsou převážně pod vlivem náhodného charakteru. Například poruchovost strojů, změny v hornicko-geologických podmínkách, aj. Proto je nutné užít stochastický model. Ale především u neopakovatelných činností, kdy nemůže být k dispozici statistický materiál o dostatečném rozsahu výběrového souboru, je nutné užít expertních odhadů dob trvání operací v logistickém procesu. Využívá se zde zkušeností, úsudku a hodnocení expertů, těch řídicích pracovníků, kteří dlouholetou praxí v dole dovedou odhadnout podmínky i rizika realizace jednotlivých činností v rámci zajišťování důlních pracovišť materiálem a důlní výstrojí. Metoda odhadů vychází z tzv.  $\beta$  rozdělení, jehož užití je výhodné pro své vlastnosti jako jsou: spojitost, konečné rozpětí, schopnost být symetrické i nesymetrické. Zákon rozložení pravděpodobnosti pro  $\beta$  rozdělení je dán vztahem:

$$f(x) = \frac{1}{B(p,q)} x^{p-1} (1-x)^{q-1} \text{ pro } 0 \leq x \leq 1,$$

jehož distribuční funkce je dána vztahem

$$F(x) = \frac{1}{B(p,q)} \int_0^x x^{p-1} (1-x)^{q-1} dx.$$

$\beta$  rozdělení je charakterizováno svými charakteristikami: střední hodnotou, směrodatnou odchylkou a disperzí. Doba trvání každé činnosti ( $i,j$ ) je pak dána svou střední hodnotou  $t_{eij}$ , disperzí  $\sigma_{teij}^2$ , respektive směrodatnou odchylkou  $\sigma_{teij}$ , dle vztahů:

$$t_{eij} = \frac{a + 4m + b}{6},$$

$$\sigma_{teij} = \frac{b - a}{6},$$

$$\sigma_{teij}^2 = \frac{(b - a)^2}{36},$$

kde  $m$  je modus, nejpravděpodobnější odhad trvání činnosti ( $i,j$ ),  $a$  je tzv. optimistický odhad trvání činnosti ( $i,j$ ) a  $b$  je tzv. pesimistický odhad trvání činnosti ( $i,j$ ).

Při síťové analýze se vypočítávají kromě termínů realizací uzlů i disperse realizací těchto uzlů  $\sigma_{T_E}^{2j}$  a  $\sigma_{T_L}^{2i}$ .

V první fázi síťové analýzy se pro stochastické modely vychází z těchto vztahů:

$$T_E^1 = t_1^{(0)} = t_{zp},$$

$$T_E^j = \max_{(i,j) \in H^-} (T_E^i + t_{eij}), \text{ pro: } i=1,2,3,\dots,n-1, j=2,3,\dots,n,$$

$$\sigma_{T_E}^{2j} = \max_{(i,j) \in H^-} (\sigma_{T_E}^{2i} + \sigma_{teij}^2).$$

Druhá fáze výpočtu se řídí těmito vztahy:

$$T_E^n = T_L^n,$$

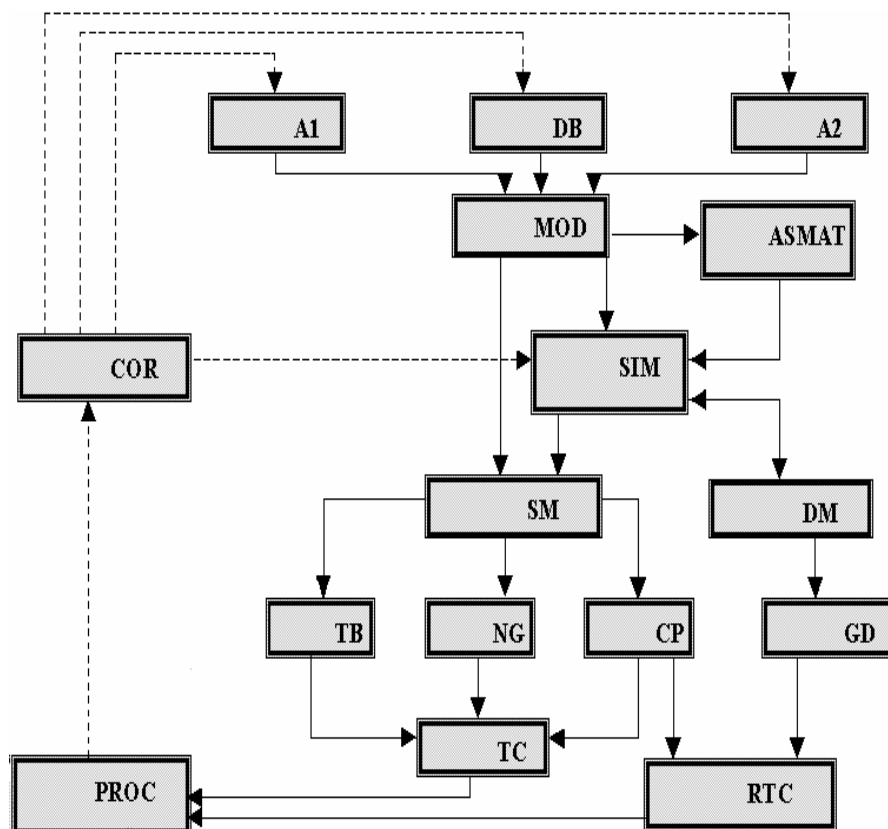
$$T_L^i = \min_{(i,j) \in H^+} (T_L^j - t_{eij}), \text{ pro: } i=n-1, n-2, \dots, 2, 1, j=n, n-1, \dots, 3, 2,$$

$$\sigma_{T_L}^{2i} = \max_{(i,j) \in H^+} (\sigma_{T_L}^{2j} + \sigma_{teij}^2).$$

## Simulační program ASMAT

Matematický model – síťový graf vytvořený na základě analýzy užitého dopravního systému a analýzy systému organizace a řízení lze realizovat na počítači a tím umožňovat simulace jednotlivých variant řešení. K realizaci je však zapotřebí prostředek – simulační program. Proto jsme v rámci řešení grantového projektu

vyvinuli, na oddělení Automatizovaných řídicích systémů v hornictví, simulační program, který jsme nazvali ASMAT (Aplikační software pro zajišťování důlních pracovišť materiálem). Program umožňuje jak tvorbu počítačového modelu, tak i vlastní simulaci variant, a v neposlední řadě i grafickou animaci změn polohy souprav s materiálem, dle zadaného času aktualizace na modelu. Kromě tabulkových výstupů simulace jsou k dispozici i grafické výstupy ilustrující Ganttův diagram a kritickou cestu (Bury, Čech 2001). Na obr. 1 je uvedeno začlenění programu ASMAT do systému tvorby modelu a simulace pro uvedené účely.



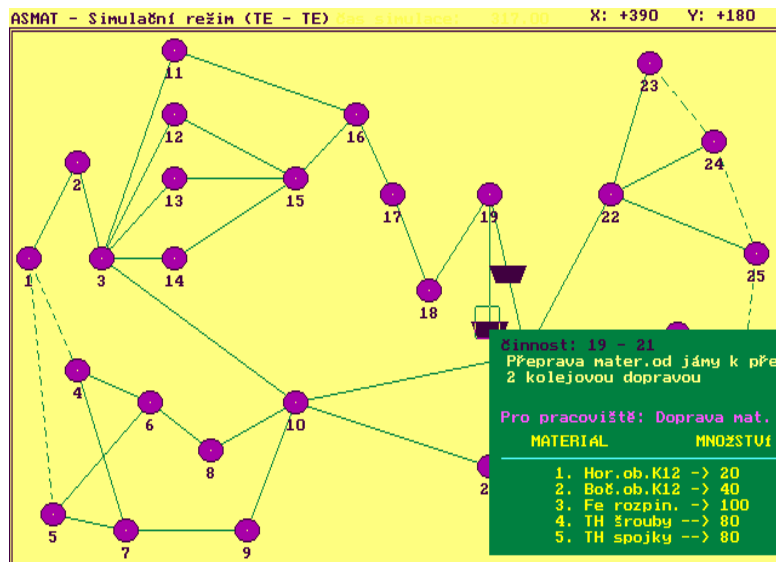
Obr. 1: Začlenění simulačního programu ASMAT do tvorby modelu a simulace variant

Na tvorbě modelu se podílí analýza systému dopravy materiálu (A1) a analýza systému řízení a organizace kontrované dodávky materiálu na důlní pracoviště (A2), s databází (DB) expertních odhadů. Model zásobováním materiálem (MOD) ve formě síťového grafu, je východím, pro vytvoření počítačového modelu, realizovaným v simulačním programu ASMAT, se kterým lze efektivně provádět simulace (SIM). Simulační program ASMAT poskytuje možnosti výstupů výsledků simulace statického modelu (SM) pro účely taktického řízení (TC), a také dynamického modelu (DM) pro operativní řízení dopravy (RTC), pomocí grafické prezentace změn polohy souprav s materiálem (GD). Další použité zkratky v obrázku mají tento význam: PROC - proces zásobování a dopravy materiálu, COR - korekce v procesu tvorby modelu a simulace, TB – tabulkové výstupy, CP – vymezení kritických cest, NG - síťový graf. Podmeny - Tabulkové výstupy umožňuje zobrazit výsledky simulační úlohy těmito formami tabulek:

- Tabulka výpočtu dob trvání činností.
- Tabulka určených časových rezerv v modelu.
- Tabulka realizací uzlů síťového grafu a interferenčních rezerv.
- Tabulka pravděpodobnosti změn uzlů v kritické.

Program také umožňuje analýzu realizace stanoveného termínu řízené akce a upozorňuje na nutnost změn modelu (projektu) v případě hodnoty pravděpodobnosti dodržení stanoveného termínu nižší než 0,25.

Příklad grafické prezentace změn polohy souprav s materiálem je uveden na obr. 2. Je uvedena i detailní informace, formou tabulky, o sortimentu a množství materiálů v soupravě, při přepravě od materiálové jámy k překladišti na závěsnou drážku (v detailní tabulce o přepravovaném materiálu lze listovat šipkami).



Obr. 2: Grafický režim s indikací poloh souprav s materiálem s detailní informací

## Závěr

Simulační modely dopravy materiálu, které jsme koncipovali jako stochastické, a které vycházejí z analýz na konkrétním hlubinném dole, umožní prověření různých možných variant řešení a napomohou k optimalizaci při projektování. S použitím simulačního programu ASMAT je zde k dispozici prostředek, nejen pro realizaci počítačového modelu a simulaci variant řešení, ale i pro operativní řízení, zvláště při uplatnění interaktivní grafické prezentace změn poloh souprav s materiálem (včetně vyžádané detailní informace o složení a množství materiálů).

## Literatura

- [1] BURÝ, A.: Simulation Models and Programs to the Automated Control Purpose of Transport in Deep Mines., In *ICCC'2001, Krynica, Poland, 2001, p. 205-210, ISBN 83-91340-07-4.*
- [2] BURÝ, A., ČECH, R.: Simulační modely pro logistické řízení přípravných prací na uhelném hlubinném dole. *Výzkumná zpráva projektu GAČR r.č. 105/01/009, VŠB-TU Ostrava, HGF, 2001, 60 s.*
- [3] STRAKOŠ, V., MENŠÍK, J., POLÁK, K.: *Automatizace důlní dopravy. Praha, SNTL, 1980, 256 s.*

## Summary

Supplying of mine working places with material and mining outfit ranks belongs among the most demanding tasks of automated control system of technological processes of underground coal mine. By this part of logistics adequate running of material flow within frame of total underground mine complex is assured, namely both in its surface part and in mining fields of its underground part.

The essential goal of operative management is to safeguard that necessary material and mining outfit would be delivered to given working place at given time period, with required assortment scope and quantity. The management of the whole process has to ensure the optimisation of delivery in such a way that non-productive idle times would not arise which could be causes of delay of mining sites development and so of output fall-outs and in final consequence of non-rent ability of mining process.

The problems of operative management of material flows to working sites of underground mine are featured by their complexity, and namely by the fact that from the point of view of organisation structure with the managing of which various departments deal, they, in the time being, fall simultaneously under the competences of chief engineer, of production manager and also of deputy director for economy.

The flow of both new and re-used materials or eventually of material destined for renovation is not managed and controlled by a single central point, and, that's why, whole series of discrepancies arises, especially at situations.

Thus to be able to manage the total process in all its connections it is necessary to have simulation models at disposal which have been realised on basis of mathematical models with help of simulation programs.

The mathematical models of processes must be based upon analyses of concrete operational situations, including transport technology, information subsystem and last but not least the organisational structure already mentioned. The computer supporting is equally necessary, namely in form of special developed application software. For the purpose of operative management of the above-mentioned problems a simulation program ASMAT has been developed by our workplace, within frame of the GACR (Grant Agency of the Czech Republic) project No. 105/01/0009.

Recenzent: Prof. Ing. Dušan Malindžák, CSc., Fakulta BERG, TU Košice