

## Prostorové modelování povrchu lomů a ložisek těženého materiálu, monitorování svahů

Ivan Mañas<sup>1</sup>

### *3D modeling of surface quarries and deposits of mined materials and the monitoring of slopes*

*The application of computer technology by simulating opencast mining and deposits of raw materials. The mathematic principles of three-dimensional probabilistic models of raw materials deposits and a familiarization with the user interface software GEOLOGICKY MODEL. The principles of the simulation of opencast mines, generation intersections with models of raw materials deposits, computation of mining materials with the quality scaling, and the design of advanced mining with the software BANSKY MODEL.*

*The monitoring the potential of dynamic movements' of unstable slopes with the automatic total station and a following interpretation in general time intervals by means of the software MONITORING.*

**Key words:** Probabilistic models, simulation surfaces, Geologický model, Banský model, automatic total station, MONITORING.

### Úvod

V následujícím textu popisované programy jsou typickým představitelem zákaznického software vyvíjeného „na míru“ podle přání koncových uživatelů, průběžně již od roku 1990. Původní software jednoduchých a jednoúčelových rastrových modelů hnědouhelných ložisek a povrchu lomů se v průběhu 16-ti let rozrostl do stávající komplexní podoby, která s vysokou funkčností pokrývá potřeby modelování ploch (povrchů lomů, obecného terénu) a ložisek těženého materiálu včetně kvalitativních parametrů s řadou možných typů výstupů.

Tyto programové systémy pracující na principu parametrických matematických modelů jsou v podkrušnohorských hnědouhelných revírech již poměrně běžnou záležitostí. Jsou využívány k řešení dlouhodobých i aktuálních úkolů, které jsou do určité míry časově nezávislé na momentální problematice těžby (pravidelné výpočty objemů odtěžených hmot, tvorba mapové dokumentace, výpočty zásob suroviny, měsíční a roční těžební postupy, technologické předpisy pro těžbu, projektování komunikací, svahů a rekultivovaných ploch apod.).

Předmětem programů je v současnosti komplexní popis vybraného geologického ložiska včetně predikce sledovaných kvalitativních parametrů a modelování hlubinně přerubaných poloh, modelování ploch povrchu lomu, modelování dopravně technologické situace (pasová a kolejová doprava, použité těžební technologie) a monitorování svahů (sledování dynamiky změn v poloze bodů zaměřovaných automatickým dálkoměrem).

Datovými vstupy programů jsou 3D/2D vektory a vhodně strukturované vrty. Veškerá vstupní data lze kromě možnosti importu dat z jiných systémů jednoduše pořídit a spravovat např. v programu Microsoft EXCEL.

Algoritmy programů vycházejí z vektorové a tenzorové analýzy, teorie pravděpodobnosti a exponenciálních aproximací (Kolektiv autorů, Aplikovaná matematika). Modelování spojitých ploch, které jsou určeny vektorovými polynomy, využívá parametrických a vektorových rovnic ploch a různých způsobů plátování (Drs, Plochy ve výpočetní technice).

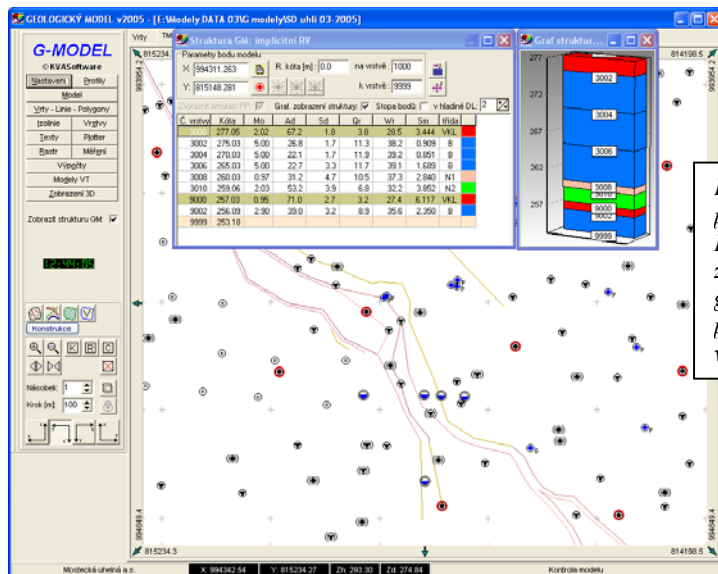
Programy jsou v různých modifikacích používány v desítkách instalací u hnědouhelných a kaolinových lomů a v projekčních kancelářích v České republice. Právo používat programy pro účely výuky vlastní Vysoká škola báňská v Ostravě.

Veškeré číselné i grafické informace zde uvedené jsou pouze simulované a nemají ve vztahu k žádné reálné lokalitě skutečnou interpretační hodnotu.

### Geologický model

Programové vybavení určené pro počítače se systémem Windows XP a Windows 2000 pro zpracování dat geologického průzkumu a generování prostorových pravděpodobnostních modelů. Vzhled a ovládání programu vychází z pravidel Windows a z pohledu uživatele je plně parametrické (obr. 1).

<sup>1</sup> Ing. Ivan Mañas, KVASoftware Karlovy Vary CZ, Cínová 156/13, 36001 Březová u Karlových Varů, tel. +420603268951, Česká republika [imanas-kvasoft@quick.cz](mailto:imanas-kvasoft@quick.cz)  
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 12. 3. 2007)



Přímá vazba na 2D/3D modelování ploch a povrchů programem **Báňský model** (©KVA Software) zajišťuje plnou kompatibilitu geologických modelů s dalšími plochami ve vyšším stupni využitelnosti.

Obr. 1. jeden ze základních pohledů na prostředí programu s vykreslenými značkami vrtů a modelovanými zlomy ve 2D „mapě“ modelu, současně zobrazena struktura obecného bodu modelu s vyznačením technologických rozborů.

Fig. 1. One of the basic views on the program interface with the bore marks and simulated faults in the 2D map of the model; at the same time, the structure of the general model point is displayed with featuring of technological analyses.

Programem lze zpracovat neomezený počet vstupních vertikálně strukturovaných vrtů až do 350-ti geologických vrstev současně s logickým členěním až do pěti slojí a čtyř vrstev mezioží (každá s dalším možným rozdělením). S morfologií geologických vrstev je parametricky zpracováno až 20 různě interpretovaných kvalitativních parametrů v každé vrstvě, zároveň je volitelný dopočet dalších kvalitativních parametrů z definovaných regresních vztahů, které mohou být vertikálně i plošně diferencované. Plochy vrstev modelu jsou vždy lineární spojité, dopočet kvalitativních parametrů je prováděn interaktivně exponenciální integrální funkcí až ze 16-ti vrtů pro nekonečné množství obecných bodů v modelu definovaných souřadnicí X,Y.

Samozřejmostí je plná editace dat vrtů, doplňování nových vrtů, změny parametrů bez nutnosti přegenerování modelu. Lze využívat vektorové modelování zlomů a výchozů slojí.

Integrované je prostorové modelování hlubinně přerubaných poloh s parametrickým vlivem na vlastní model na principu samostatného modelování 3D objektů, které generují průnik s vlastním 3D geologickým modelem. Modely hlubinného přerubání jsou prostorovou podmnožinou množiny objektů modelu ložiska.

V jednom modelu ložiska lze generovat až 20 odvozených technologických modelů s různou vertikální strukturou s různými kritérii optimalizace (především s ohledem na „ekonomiku ložiska“ = maximální výtěžnost kvalitních druhů těženého materiálu). S tím souvisí definice víceúrovňové parametrické interpretace materiálu.

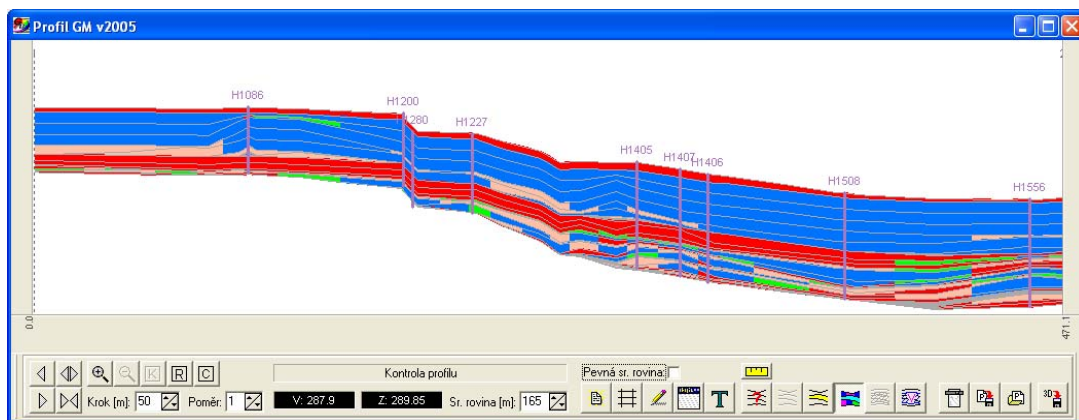
Explicitně připojovány mohou být databáze vrtů se značkami podle „Vyhlášky č. 435/1992 Sb. Českého báňského úřadu o důlně měřičské dokumentaci při hornické činnosti“ s přímou návazností na otevírání souborů programem Microsoft Word (tzv. „psané profily“ a „technologické profily“).

Nedílnou součástí programu je generování profilů (řezů) se zvýrazněním tříd materiálů (obr. 2).

Volitelná je různá interpretace 3D geologického modelu: spojitý model (obecný nebo uhelný) a nespojitý model geotechnický s možností propojení více modelů současně (model nadloží, podloží, promítaný).

Generovat lze „plošné popisy“ modelu v numerickém nebo grafickém vyjádření, model lze doplnit neomezeným počtem vektorových a singulárních objektů a polygonů ve stovkách různých hladin s různou interpretací (katastry, odvodnění, el. vedení, hranice dobývacího prostoru atd.).

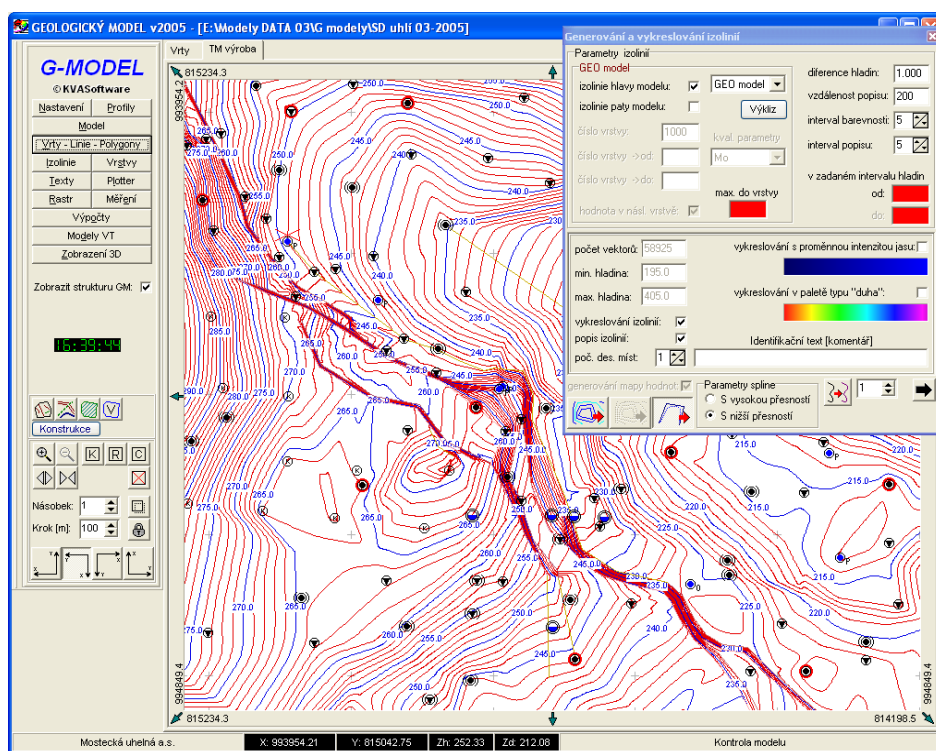
Často používaným modulem programu je např. generování izolinií z kót, hodnot kvalitativních parametrů, mocností vrstev/slojí (obr. 3).



Obr. 2. Okno programu s vygenerovaným profilem s barevně zvýrazněnými druhy materiálu a vrty kolmo promítanými do roviny profilu.

Fig. 2. Program window with a generated intersection with colored sorts of the material and bores (the vertical projection to the surface of the intersection).

Výpočty v modelu jsou prováděny na principu průniku samostatných 3D výpočtových modelů se 3D modelem geologického ložiska. Výpočty poskytují řadu celkových i podrobných tabulek o materiálu zasazeném výpočtem. Součástí výpočtu může být i automatický "výpočet úhrad" - materiál je procentuálně i objemově rozdělován do definovaných polygonů (katastrů obcí zasazených těžbou). Program při výpočtech produkuje mimo jiné i databázové výstupy, které lze přímo propojit s programem Microsoft EXCEL.



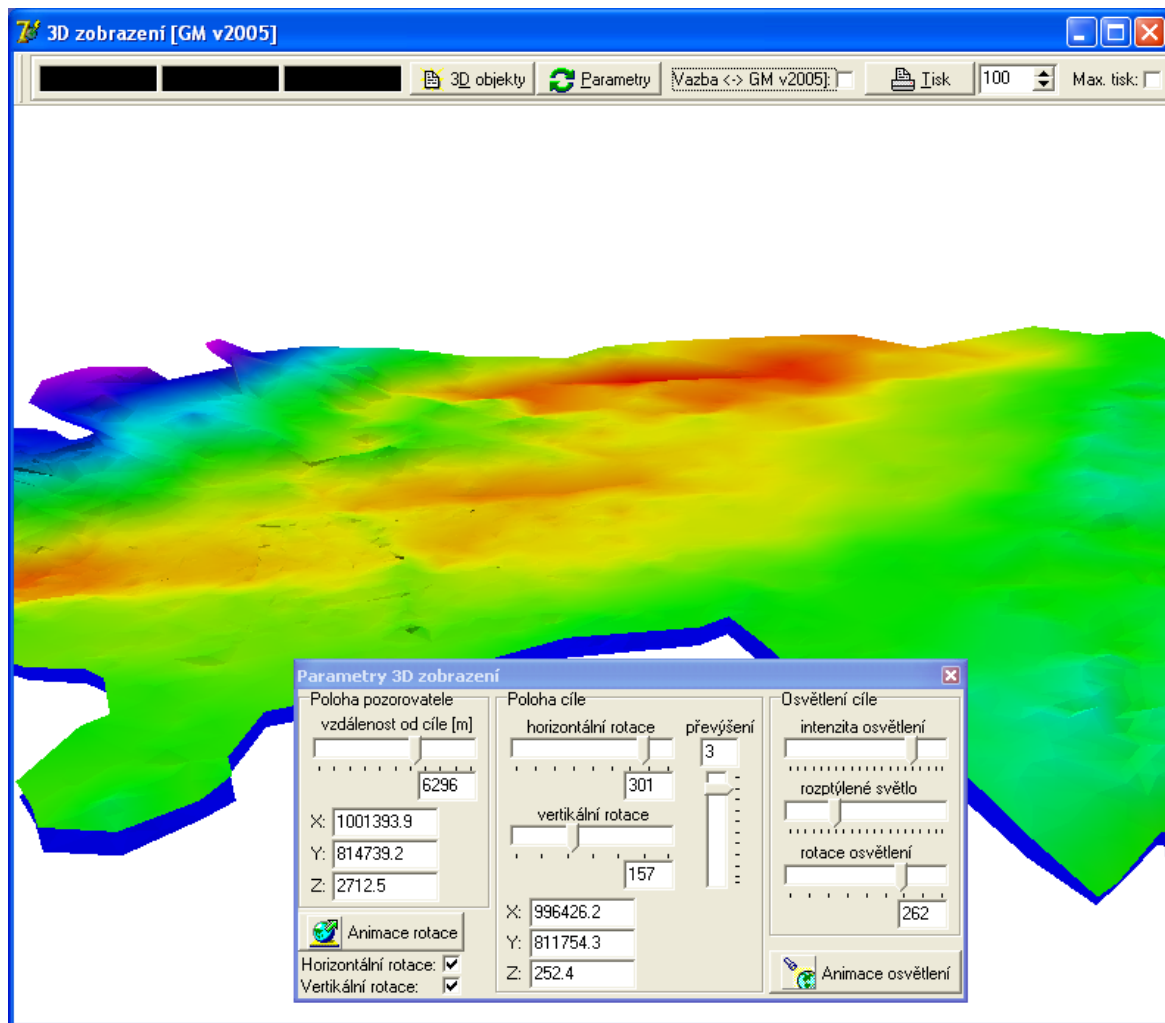
Program poskytuje sofistikované výstupy mapy modelu a profilů na plotter v normě HPGL/2, do CAD systémů v normě DXF.

Obr. 3. V „mapě“ modelu jsou vykreslené izolnie „hlavy“ modelu (zvýrazní se tak např. modelované zlomy). Fig. 3. Contour lines of the model "head" (the program can highlight, for example, the simulation of the break lines) are drawn in the map of the model.

### 3D zobrazení

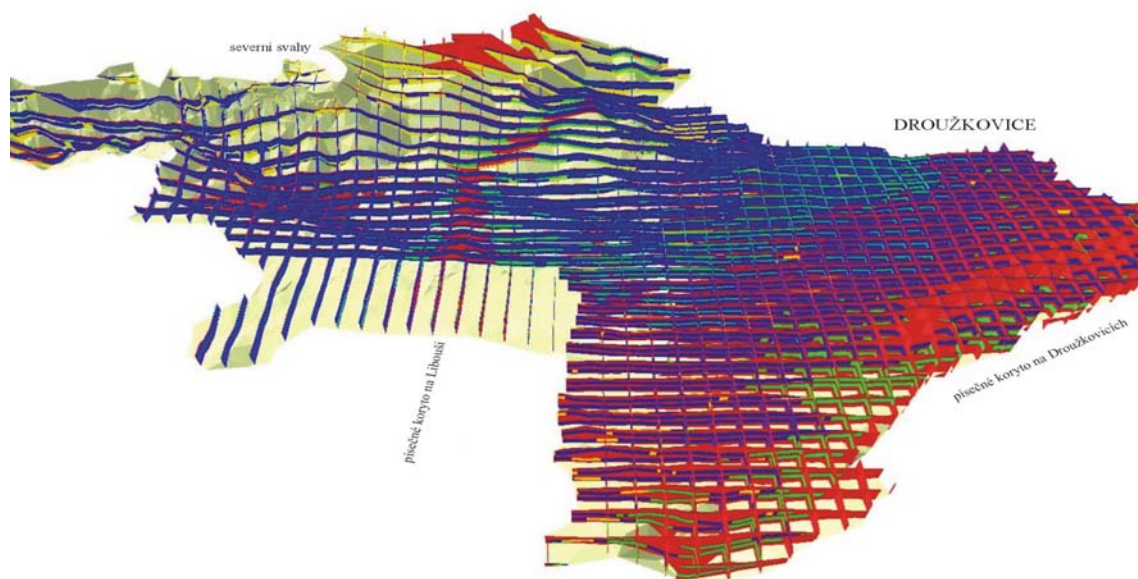
Samostatný modul generování renderovaných 3D pohledů na libovolnou plochu modelu (geologickou vrstvu) nebo kvalitativní parametr ve standartu OPENGL32 dokonale vizualizuje digitální data modelu (obr. 4) s možností animace rotace a osvětlení.

Efektivním a pro koncového uživatele srozumitelným zobrazením jsou 3D izometrické pohledy na model ložiska (generované blokdiagramy) (obr. 5 a 6).



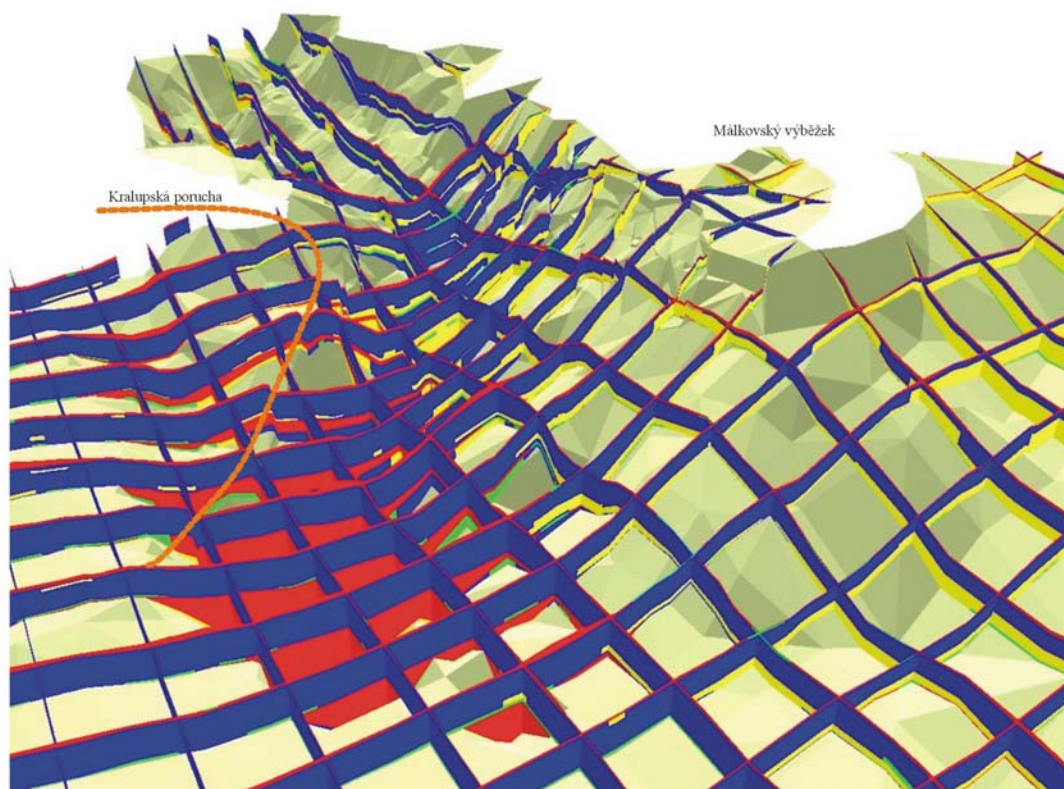
Obr. 4. 3D vizualizace plochy „hlavy“ geologického modelu v paletě typu „duha“ se současným vykreslením plochy „paty“ modelu (tmavě modrá plocha).

Fig. 4. 3D visualization of the surface of the “head” geologic model in the “rainbow” palette; simultaneously, the surface of the “bottom” geologic model (dark blue surface) is shown.



Obr. 5. Celkový pohled na izometrické blokdigramy simulovaného modelu (DN Tušimice, Severočeské doly a.s.).

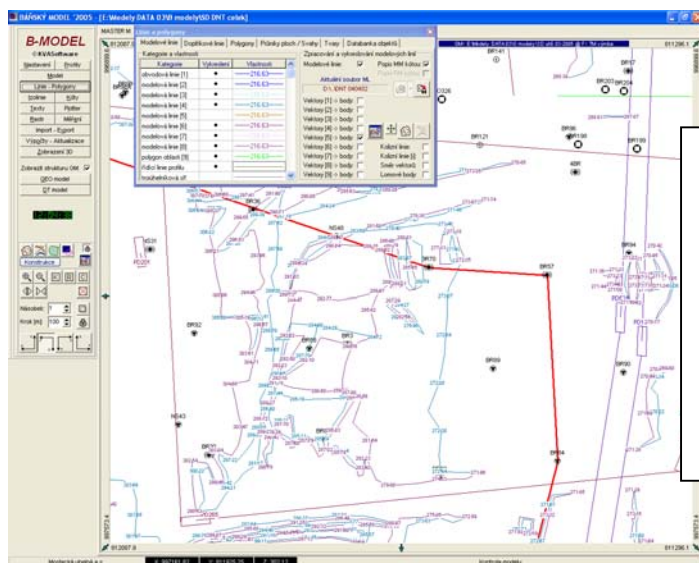
Fig. 5. Overall view on the isometric stereograms of the simulated model (DN Tušimice, Severočeské doly a.s.).



Obr. 6. Izometrický pohled na modelovanou Kralupskou poruchu (DN Tušimice, Severočeské doły a.s.).  
Fig. 6. The isometric view on the simulated "Kralupska" fault (DN Tušimice, Severočeské doły a.s.).

### Báňský model

Programové vybavení pro počítače se systémem Windows XP a Windows 2000 pro zpracování vektorových dat obecných ploch, povrchu terénů, polygonů, doplňkových objektů, 2D/3D tvarů. Variantní propojení s geologickými modely produkovanými programem Geologický model (©KVASoftware) a funkce Dopravně-technologického modelu pro vytváření a správu modelů dopravních cest a těžebních technologií poskytují pro uživatele komplexní pohled na model např. hnědouhelného lomu (obr. 7).



Přímá vazba na prostorové pravděpodobnosti modelování geologických ložisek produkovaných programem Geologický model (©KVASoftware) a stovky funkcí integrovaných v jednom programovém prostředí zajišťují vysoký komfort při krátkodobém i dlouhodobém projektování a simulaci provozu především s ohledem na podmínky lomového dobývání.

Obr. 7. Jeden ze základních pohledů na prostředí programu s vykreslenými značkami vrtů, modelovanými hranami a patami řezů. Současně jsou připojeny aktivní objekty pasové dopravy z modulu Dopravně-technologický model.

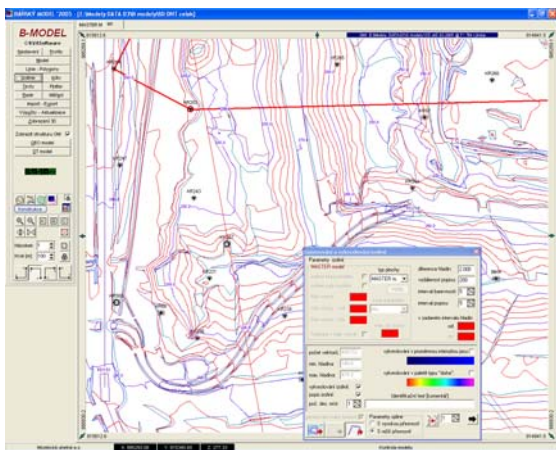
Fig. 7. One of the basic views on the program interface with marks of the bores, and the simulated slope crests and foots. Active objects of the belt transportation (submodule Transport-Technology model) are connected as well.

Programem lze definovat a spravovat neomezený počet samostatných 2D/3D modelů, které lze následně jako překládané folie propojovat do jednoho komplexního „složeného“ modelu. Každý z modelů může využívat neomezený počet vektorových a singulárních objektů a standardních tvarů ve 200 různých hladinách pro doplňkový popis modelu a neomezený počet polygonů ve 200 různých hladinách pro popis uzavřených lokalit (katastry obcí,...).

Pro množinu 3D vektorů a bodů lze generovat spojitě plochy s respektováním povinných spojnic vektorů jako prostředkem pro modelování hran (např. hrany a paty řezů). V každém z modelů lze definovat až 21 různých variant pohledu na lokalitu, pro každou variantu existují samostatná nastavení.

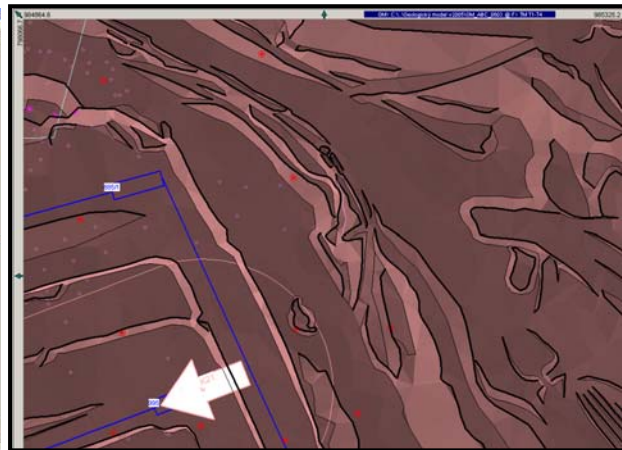
Desítky typů editačních funkcí s mnoha variantami použití a nastavení poskytuje širokou škálu možností pro definici a úpravu všech typů dat včetně editace 3D objektů přímo ve 3D interpretaci modelu (např. modifikace plochy z vygenerovaného profilu).

Sada funkcí generování izoliníí a nástroje zvýraznění sklonu svahů jsou příkladem možné vizualizace ploch (obr. 8 a 9).



Obr. 8. V „mapě“ modelu jsou vykreslené izolinie povrchu lomu.

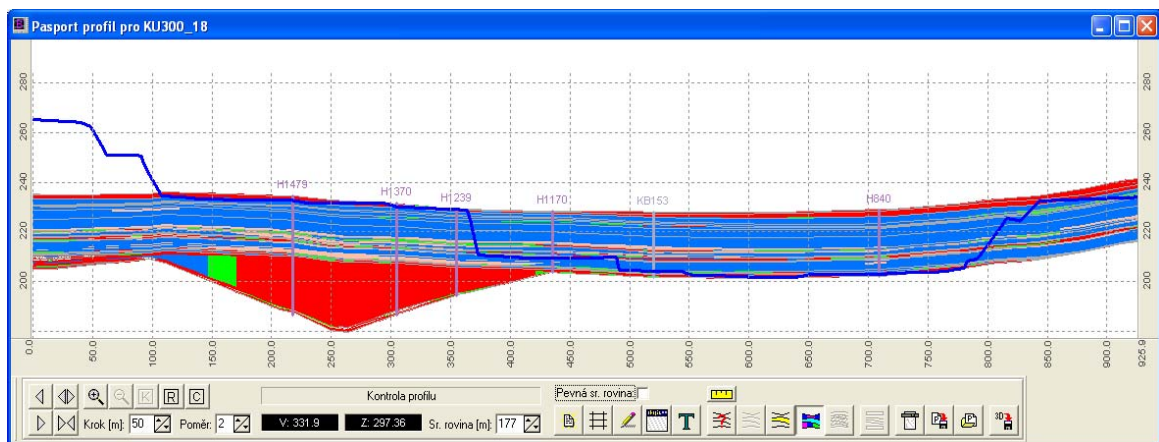
Fig. 8. Contour lines of the opencast mines surface are drawn in the map of the model.



Obr. 9. V „mapě“ modelu jsou zvýrazněné různé sklony svahů, hrany a paty řezů a schéma pasové dopravy s pozicí a směrem postupu vybrané technologie.

Fig. 9. Various gradients of slopes, slope crests and feet and a diagram of the belt transportation with the position and direction of the selected technology are highlighted in the map of the model.

Dynamické propojení ploch s připojeným geologickým modelem a všemi jeho objekty povoluje i kombinace propojení více geologických modelů současně (model nadloží, podloží, promítaný). Explicitně připojované databáze popisných objektů se značkami podle „Vyhlášky č. 435/1992 Sb. Českého báňského úřadu o důlně měřičské dokumentaci při hornické činnosti“ mají přímou návaznost na otevírání souborů programem Microsoft Word (tzv. „psané profily“ a „technologické profily“).



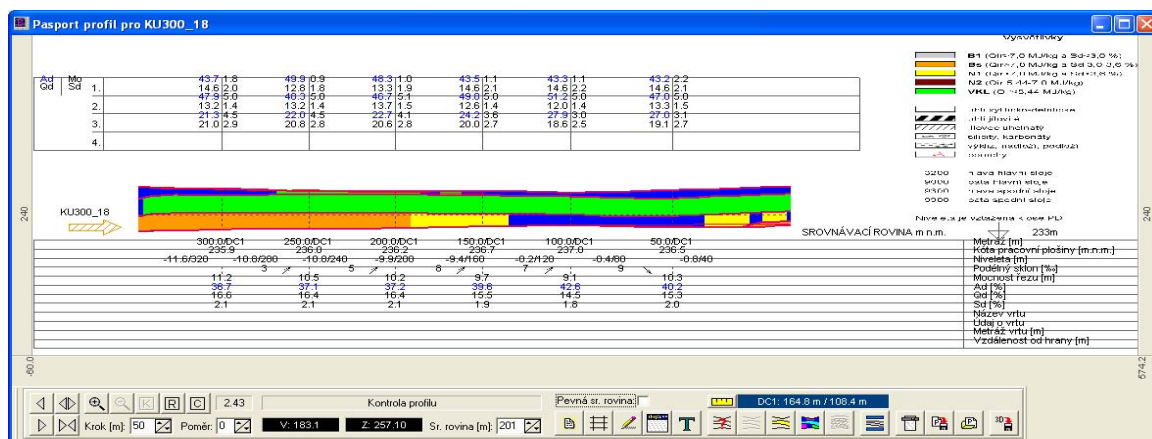
Obr. 10. Profil vedený přes plochu aktuálního terénu a geologický model ložiska se zvýrazněním tříd materiálů a vykreslením kolmému průmětu vrtů. V ukázce byla ponechána i již „odtěžená“ část ložiska.

Fig. 10. Intersection led over the topic surface and the geologic model of the raw materials deposit with highlighting of sorts of the material and bores in the vertical projection. In this example, a part of the already extracted raw materials was left.

Integrovaná sada funkcí pro definici a správu dat Dopravně-technologického modelu je určena pro modelování dopravních cest (pasových dopravníků, kolejí) včetně objektů a tabulek parametrů těžebních technologií, jejich vlastností a umístění v modelu.

Profily (řezy) jsou generovány vždy současně přes všechny propojené plochy, při propojení s geologickým modelem pak současně i přes všechny vrstvy (plochy) geologického modelu včetně zvýraznění tříd materiálů (obr. 10).

Zcela unikátní je v programu sada funkcí pro generování pasportizačních profilů jako předpisu pro řízení těžby konkrétní technologií v následujícím postupu. Tyto funkce integrují plochy terénu, geologický model a dopravně technologický model do jednoho celku, kde uživatel může „lávkovat“ těžný materiál podle parametrů těžební technologie, editovat, používat různé interpretace materiálu, atd. Cíleně je tak vytvářen technologický předpis pro postup technologie při těžbě (obr 11).



Obr. 11. Pasportizační profil s optimalizovaným rozlávkováním těžného materiálu a s připojenými popisnými tabulkami.  
Fig. 11. „Pasport“ intersection with the optimized split of raw materials and connected tables.

V programu jsou integrovány nástroje pro krátkodobé i dlouhodobé projektování postupu těžby v modelech lomového dobývání, generování průníků ploch, generování optimalizovaných ploch rekultivací a modelování výkopů a náspů při projektování komunikací včetně navazujícího výpočtu objemu přemísťovaných hmot.

Databázové aplikace simulující vrtné a trhací práce, projektování vrtného průřezu a kontroly generálního sklonu svahů využívají databáze typu Paradox a přímé propojení s aplikací Microsoft EXCEL.

Nastavit lze on-line propojení s polohovými daty automaticky zaměřovaných bodů automatickým dálkoměrem pro monitorování stability svahů (data produkovaná programem Monitor (©KVASoftware)).

S jinými programovými systémy komunikuje program na úrovni výměny dat (MOSS, Atlas, Microstation, formát DXF, ...).

Samostatnou rozsáhlou oblast představuje modul definice a editace lokálních 3D výpočtových modelů jako ploch samostatných nebo vázaných na referenční plochu (model terénu). Výpočty poskytují na principu generování průniku základního 3D modelu a definovaného 3D výpočtového tělesa řadu celkových i podrobných tabulek o materiálu zasaženém výpočtem. Součástí výpočtu může být i automatický „výpočet úhrad“ - materiál je procentuálně i objemově rozdělován do definovaných polygonů (katastrů obcí zasažených těžbou), lokální dopočty objemů materiálu v určených polygonech, kumulativní výpočty pro zvolenou technologii s rozlišením na bilanční a vyklizené materiály, „postupné“ výpočty jako simulace těžby zvolenou technologií podél dopravní cesty (kolej, pasový dopravník) případně i řízené určeným pasportizačním profilem.

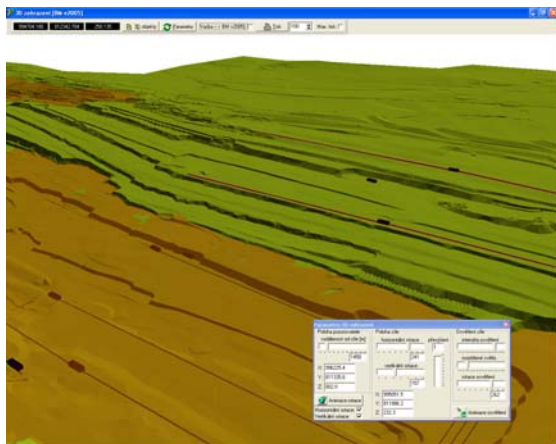
Výpočty produkují textové, tabulkové a databázové výstupy s výsledky provedení výpočtu s přímým datovým propojením do programu Microsoft EXCEL.

Na výpočty (resp. modelování výpočtových těles) navazuje variantní aktualizace modelu daty jiného modelu (aktualizace plochy plochou, aktualizace doplňkových vektorů a polygonů), postupné promítání změn do výchozího modelu.

Program produkuje sofistikované výstupy „mapy“ modelu, profilů a pasportizačních profilů na plotter v normě HPGL/2, do CAD systémů v normě DXF.

### 3D zobrazení

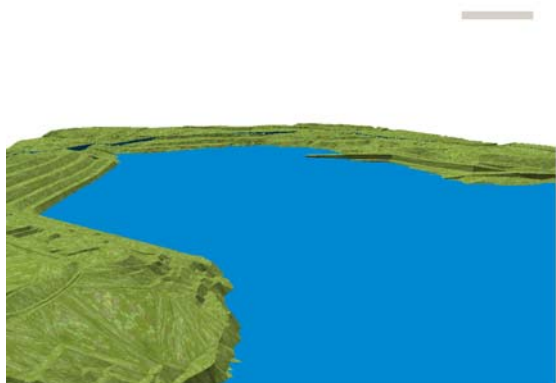
Samostatný modul generování renderovaných 3D pohledů na libovolnou plochu nebo sadu ploch, průniky ploch s připojeným geologickým modelem a různých 3D doplňkových objektů ve standartu



OPENGL32 dokonale vizualizuje digitální data modelu (obr. 12) s možností animace rotace a osvětlení. Propojení ze zdrojovými daty je realizováno technologií OLE.

Obr. 12. 3D zobrazení povrchu lomu včetně pasových dopravníků a „průsvitné“ plochy hlavy geologického modelu.

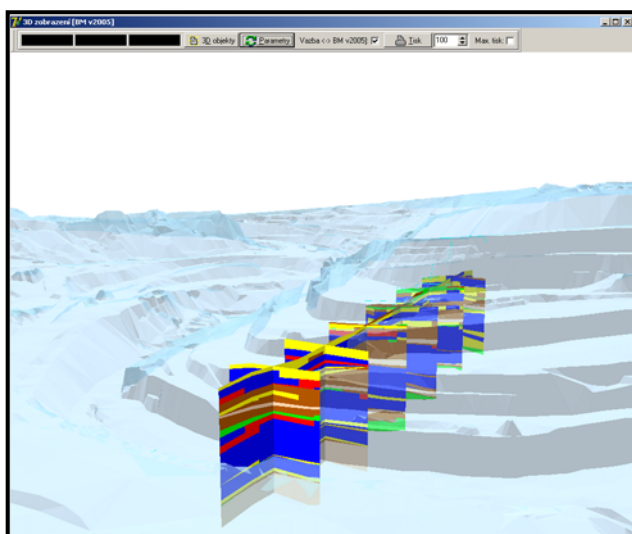
Fig. 12. 3D visualization of surface of the opencast mine, including belt transports and transparent surface of the geologic model “head”.



Modely v zobrazení 3D lze pokrývat texturou (Žára, Beneš, Felkel: Moderní počítačová grafika) a volitelně simulovat „zaplavení“ modelu na určenou kótu hladiny vody s možným výpočtem objemu vody (obr. 13).

Obr. 13. Vizualizace „zatopení“ rekultivovaného lomu na stanovenou kótu hladiny vody.

Fig. 13. 3D visualization of the opencast mine flooding to the selected water level surface on the selected level.



Generování 3D izometrických pohledů (včetně pasportizačních profilů) samostatně nebo na pozadí plochy terénu poskytuje i pro laika názorný pohled na těžený materiál v podmínkách lomového dobývání (obr. 14).

Obr. 14. Na pozadí „průhledné“ plochy terénu je vykreslen izometrický pohled na kvalitativní strukturu těženého materiálu.

Fig. 14. Isometric view on the quality structure of the raw material is displayed on the background of the transparent surface.

### Princip generování ploch a výpočtu mezi dvěma obecnými plochami v programech firmy KVASoftware

Všechna zdrojová data (objekty) vstupující do popisu ploch musí být 3D vektory – tj. v základní podobě je každý vektor definován souřadnicemi X, Y a Z počátečního a koncového bodu vektoru v systému JTSK ( $X_f, Y_f, Z_f$  a  $X_t, Y_t, Z_t$  – každá souřadnice je číslo zapsané 8-mi byty, přesnost 15-16 číslic v max. rozsahu  $\pm 5.0 \cdot 10^{-324} \dots 1.7 \cdot 10^{308}$ ).

Obecně jsou tyto vektory s nenulovou délkou, tj. souřadnice  $X_f \neq X_t$  a/nebo  $Y_f \neq Y_t$ . Povoleny a k popisu bodového pole jsou používány i singulární vektory, pro které platí  $X_f = X_t$  a současně  $Y_f = Y_t$  a současně  $Z_f = Z_t$ . Až na výjimky nelze používat singulární vektory s různou souřadnicí Z v počátečním a koncovém bodě vektoru.



Vektorové stringy jsou sledy vektorů s nenulovou délkou, pro které platí návaznost vektorů v jejich počátečních nebo koncových bodech v souřadnicích  $X_f, Y_f$  nebo  $X_t, Y_t$ . Návaznost v souřadnicích  $Z$  zajišťují programy automaticky tak, že následující vektor přebírá souřadnici  $Z$  od předchozího vektoru v bodě styku vektorů  $X, Y$ .

Návaznost vektorů  $A$  a  $B$  je považována za splněnou tehdy, pokud platí jedna z kombinací:

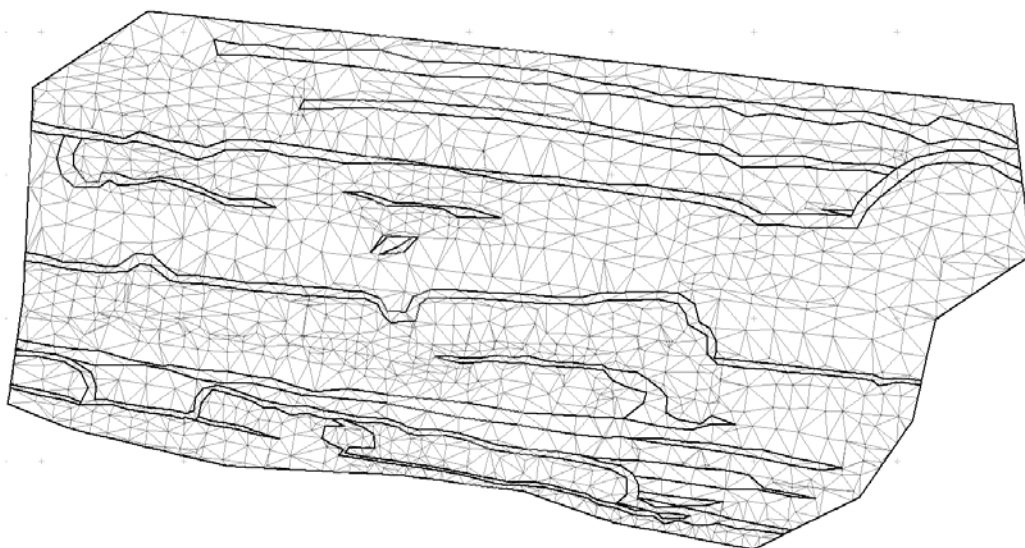
$$\begin{array}{l} \text{nebo} \quad A^{X_f} = B^{X_t} \text{ a současně } A^{Y_f} = B^{Y_t} \\ \text{nebo} \quad A^{X_t} = B^{X_f} \text{ a současně } A^{Y_t} = B^{Y_f} \\ \text{nebo} \quad A^{X_t} = B^{X_t} \text{ a současně } A^{Y_t} = B^{Y_t}. \end{array}$$

Počet vektorů, které tvoří string, není programově omezen.

Počet stringů a vektorů, které tvoří model, není programově omezen.

### Generování 3D ploch

1. ze všech 3D vektorů modelu je vytvořeno bodové pole, každý bod o souřadnici  $X_b, Y_b, Z_b$ , každý nenulový vektor vkládá do bodového pole dva body (počáteční a koncový bod vektoru), každý singulární vektor vkládá do bodového pole jeden bod.
2. program nalezne těžiště bodového pole každému bodu spočítá polární souřadnice s počátkem v nalezeném těžišti provede vzestupné seřazení bodového pole v polárním systému odstraní redundantní (opakující se) body – jedná se o body, které jsou do bodového pole zapsány vícekrát (body na styku vektorů, stringů).
3. v rámci provedeného seřazení provede program vygenerování obecné trojúhelníkové sítě, kdy každý z bodů bodového pole musí být vrcholem trojúhelníka.
4. program provede 1. optimalizaci trojúhelníkové sítě s kritériem odstranění minimálních vrcholových úhlů v jednotlivých trojúhelnících – cílem je dosažení sítě s maximálními vrcholovými úhly v trojúhelnících tak, aby každý z trojúhelníků se co nejvíce blížil trojúhelníku rovnoramennému.
5. program provede promítání všech nenulových 3D vektorů do již vygenerované a optimalizované obecné sítě každý z nenulových vektorů se musí stát hranou příslušného trojúhelníka, dojde tak k dalšímu „přerovnání“ trojúhelníků v síti.
6. podle modelové linie „obvodový polygon modelu“ dojde k odříznutí všech trojúhelníků, které leží vně tohoto polygonu.
7. program provede 2. optimalizaci trojúhelníkové sítě, nyní při respektování pevných hran trojúhelníků v místech, kudy prochází vektory s nenulovou délkou (obr. 15).
8. program provede zápis trojúhelníkové sítě na disk včetně indexového systému pro vyhledávání „správných“ trojúhelníků v místech lokace obecných bodů.



Obr. 15. Příklad vygenerované trojúhelníkové sítě.

Fig. 15. Example of the generated triangle net.

### Lokace obecného bodu modelu

Každý trojúhelník v trojúhelníkové síti modelu představuje elementární rovinnou plochu definovanou v prostoru třemi body (vrcholy trojúhelníka)  $X_A, Y_A, Z_A$  a  $X_B, Y_B, Z_B$  a  $X_C, Y_C, Z_C$ .

O každém z obecných bodů o souřadnicích  $X, Y$  v systému JTSK lze rozhodnout, zda leží uvnitř nebo vně obvodového polygonu modelu, resp. zda leží uvnitř nebo vně trojúhelníkové sítě modelu.

Jednou ze základních úloh programů je výpočet neznámé souřadnice  $Z$  pro zadaný obecný bod  $X, Y$ . Pokud leží zadaný obecný bod  $X, Y$  uvnitř sítě modelu, lze takovému bodu nalézt trojúhelník, v jehož elementární ploše bude tento bod ležet. Poté lze bodu ležícímu na známé ploše vypočítat chybějící souřadnici  $Z$ .

Pro nalezení „správného“ trojúhelníka, v jehož ploše leží zadaný bod, je v programech zaveden několikastupňový algoritmus. Pro základní vyhledávání je nad plochou modelu vytvořena rastrová síť s obecnou hranou rastru (velikost hrany počítá program v průběhu generování trojúhelníkové sítě podle „hustoty“ bodového pole na ploše modelu).

Počet elementů rastru v ose  $X$  ( $R_X$ ) a  $Y$  ( $R_Y$ ) modelu je dán rozdílem maximální a minimální souřadnice  $X$  a  $Y$  bodového pole lomeno hrana rastru.

Počet všech prvků rastru je dán násobkem  $R_X * R_Y$ .

Při generování a ukládání trojúhelníkové sítě na disk je současně zapisován indexový systém vyhledávání trojúhelníků: index každého trojúhelníka je zapisován do všech prvků rastru, které svou plochou „zasáhne“. Každý prvek rastru pak obsahuje pole indexů, přičemž počet prvků pole je obecně různý. Prvek rastru ležící „vně“ modelu neobsahuje žádný index, prvek rastru ležící částečně nebo zcela „uvnitř“ modelu obsahuje minimálně jeden index, maximální počet indexů není omezen (ale je optimalizován na maximální hodnotu 50 vypočítanou hranou rastru).

Po otevření modelu, který má vygenerovanou trojúhelníkovou síť, je indexové pole rastru nataženo jako dynamické pole do paměti počítače.

Při požadavku lokace obecného bodu  $X, Y$  je nalezen prvek rastru  $I_R$ , do kterého bod náleží:

$X_R$	-	počet prvků v ose $X$ rastru,
$Y_R$	-	počet prvků v ose $Y$ rastru,
$\min X_R$	-	minimální souř. $X$ v rastru,
$\min Y_R$	-	minimální souř. $Y$ v rastru,
$Y_{PR}$	-	rozsah pole rastru v ose $Y$ ,
$H_R$	-	hrana rastru,
trunc	-	operace převodu reálných čísel na celá čísla,
div	-	operace celočíselného dělení,

$$X_R = \text{trunc}(X - \min X_R) \text{ div } H_R,$$

$$Y_R = \text{trunc}(Y - \min Y_R) \text{ div } H_R,$$

$$I_R = X_R * Y_{PR} + Y_R + 1$$

$I_R$  je index na prvek rastru, tj. index do dynamického pole v paměti.

V tomto dynamickém poli jsou indexy na trojúhelníky, které prvek rastru svou plochou zasáhly.

Pokud je prvek rastru prázdný (neobsahuje žádný index), je zadaný bod  $X, Y$  mimo plochu modelu a souřadnice  $Z$  není dopočítávána.

V opačném případě zahájí program prohledávání trojúhelníků, na které ukazují indexy v dynamickém poli.

1. pokud zadaný bod má své souřadnice  $X, Y$  totožné s některým z vrcholů trojúhelníka  $X_A, Y_A$  nebo  $X_B, Y_B$  nebo  $X_C, Y_C$  je hledanou souřadnicí  $Z$  souřadnice  $Z_A$ , resp.  $Z_B$ , resp.  $Z_C$ .
2. zadaný bod  $X, Y$  může ležet uvnitř nebo vně plochy aktuálního trojúhelníka. Rozhodování je prováděno výpočtem součtu úhlu průvodičů od zadaného bodu  $X, Y$  k vrcholům trojúhelníka  $X_A, Y_A$  a  $X_B, Y_B$  a  $X_C, Y_C$ . Pokud je součet úhlů průvodičů roven hodnotě 0, leží zadaný bod „vně“ plochy trojúhelníka.
3. Výpočet úhlů průvodičů je s ohledem na dosažení vyšší přesnosti prováděn s čísly ukládaným v 10-ti bytech (počet platných číslic 19-20 v rozsahu  $\pm 3.4 * 10^{-4932} \dots 1.1 * 10^{4932}$ ).
4. pokud zadaný bod  $X, Y$  leží „uvnitř“ plochy aktuálního trojúhelníka, je z rovnic plochy určené třemi vrcholy  $X_A, Y_A, Z_A$  a  $X_B, Y_B, Z_B$  a  $X_C, Y_C, Z_C$  s pomocí determinantů vypočítána hledaná souřadnice  $Z$ .

V rovnici roviny  $Z = (A*(X_A - X) + B*(Y_A - Y) + C*Z_A) / C$  jsou neznámé  $A, B, C$ .

Pro jejich určení je nutné vypočítat čtyři determinanty De0, De1, De2 a De3 z následující funkce:

$$\text{Determinant}(p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{21}, p_{22}, p_{23}, p_{31}, p_{32}, p_{33}) = p_{11} * p_{22} * p_{33} + p_{12} * p_{23} * p_{31} + p_{13} * p_{21} * p_{32} - p_{13} * p_{22} * p_{31} - p_{11} * p_{23} * p_{32} - p_{12} * p_{21} * p_{33}$$

$$De_0 = \text{Determinant}(X_A, Y_A, Z_A, X_B, Y_B, Z_B, X_C, Y_C, Z_C)$$

$$De_1 = \text{Determinant}(\min Z, Y_A, Z_A, \min Z, Y_B, Z_B, \min Z, Y_C, Z_C)$$

$$De_2 = \text{Determinant}(X_A, \min Z, Z_A, X_B, \min Z, Z_B, X_C, \min Z, Z_C)$$

$$De_3 = \text{Determinant}(X_A, Y_A, \min Z, X_B, Y_B, \min Z, X_C, Y_C, \min Z),$$

kde minZ je minimální souřadnice Z počítaná z hodnot ZA, ZB a ZC a převedená s opačným znaménkem.

$$\text{Potom } A = De_1 / De_0$$

$$B = De_2 / De_0$$

$$C = De_3 / De_0.$$

### Výpočet elementárního objemu

Princip všech výpočtů objemů a odvozených výpočtů (tonáží, kval. parametrů apod.) je závislý na existenci dvou 3D ploch, jejichž geometrie je určena trojúhelníkovými sítěmi. Z tohoto principu se odvíjejí tři základní varianty:

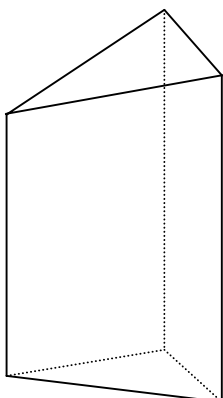
1. obecný výpočet mezi dvěma plochami, tj. mezi dvěma modely: MASTER modelem a REFERENČNÍM modelem.
2. výpočet provedený mezi tzv. VÝPOČTOVÝM modelem a REFERENČNÍM modelem.
3. VÝPOČTOVÝ model je odvozenou variantou základního modelu, jeho vektory tvoří výpočtové těleso, a je v úzké interakci s REFERENČNÍM modelem (svými okraji na něj přesně dosedá).
4. výpočet mezi dvěma plochami VÝPOČTOVÉHO TĚLESA.
5. Jedná se o samostatný 3D model tvořený sadou vektorů, které modelují současně horní i dolní plochu. Průmět obou ploch do roviny XY je totožný, prostorově pak mohou obě plochy být různé. Každá z obou ploch má svoji vlastní trojúhelníkovou síť.

Elementem výpočtu je vždy jeden kolmý trojboký hranol s obecnými rovinnými základnami (obr. 16).

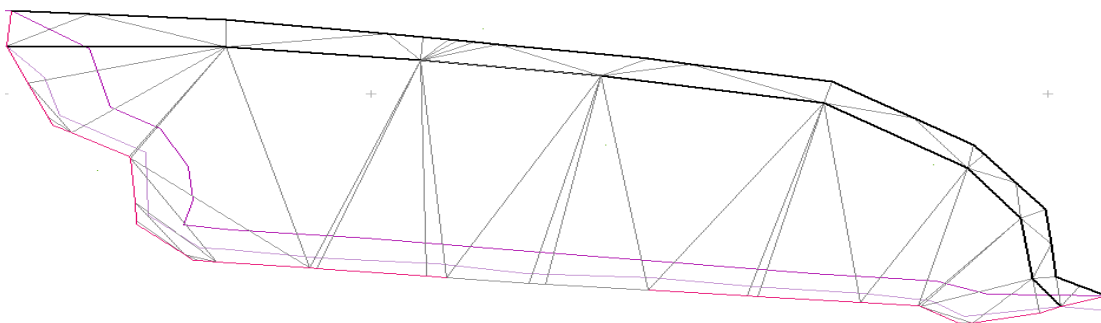
Parametrem výpočtu je vždy celočíselná hodnota udávající maximální povolenou plochu v [m<sup>2</sup>] jednoho elementu výpočtu. Program v rámci výpočtu jako první krok provádí rekurzivně rekonfiguraci základní trojúhelníkové sítě tak dlouho, dokud každý z trojúhelníků nemá plochu menší nebo rovno zadané hodnotě parametru.

Tento proces dočasně „subtriangulace“ vyhledává v síti trojúhelníky s plochou větší než je zadaná hodnota parametru. Každý takový trojúhelník nahradí třemi novými trojúhelníky s přidaným vrcholem v těžišti trojúhelníka.

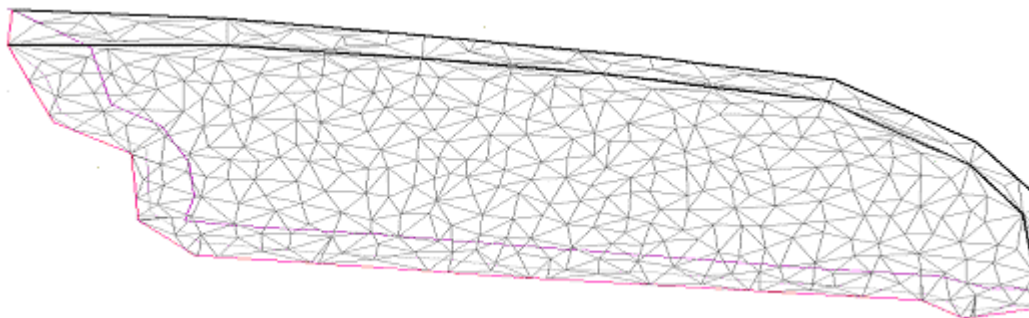
Po lokální optimalizaci na navazující trojúhelníky pokračuje rekurzivně vyhledávání dalších trojúhelníků, které nesplňují podmínku zadané hodnoty parametru (obr. 17 a 18).



Obr. 16. Kolmý trojboký hranol jako základní prvek výpočtu.  
Fig. 16. Prism as the basic system component of the calculation.



Obr. 17. Základní trojúhelníková síť jednoduchého výpočtového tělesa (projektování řezu).  
Fig. 17. Basic triangle net of the simple calculation solid object (a section design).



Obr. 18. Rekonfigurovaná TR síť po provedené subtriangulaci.  
Fig. 18. Triangle net after the reconfiguration.

Elementárním objemem jednoho hranolu může být  
kladná hodnota = plocha MASTER modelu je „nad“ plochou REFRENČNÍ  
nebo záporná hodnota = plocha MASTER modelu je „pod“ plochou REFERENČNÍ.

Celkový objem výpočtu je pak dán iteračním součtem elementárních objemů přes všechny prvky trojúhelníkové sítě. Zvláště jsou iterovány hodnoty kladných objemů (většinou interpretovány jako objem „nasypaného“ materiálu) a zvláště hodnoty záporných objemů (většinou interpretovány jako objem „těženého“ materiálu).

Při výpočtu jsou celkové objemy počítány iterací elementárních objemů nad prvky subtriangulované sítě. Z uvedeného vyplývá, že čím menší je předepsaná maximální plocha prvků TR sítě, tím přesnější bude vlastní výpočet. S menší předepsanou maximální plochou ale rychle narůstá počet prvků (vzorků) TR sítě, tím se prodlužuje čas nutný pro provedení výpočtu. Nejmenší možnou hodnotou, kterou lze zadat jako maximální plochu TR sítě je  $1 \text{ m}^2$ .

Vlastní přesnost výpočtu nelze definovat exaktně ani empiricky. Obecně však vždy platí, že čím větší je počet vzorků, tím přesnější je výsledek výpočtu. Přitom síť vzorků je dána množstvím a rozložením vstupních bodů a vektorů. Homogenní vstupní bodové pole s dostatečně krátkými vektory poskytuje ideální předpoklad pro vygenerování homogenní TR sítě s malou maximální plochou jednotlivých vzorků a tím i pro provedení přesného výpočtu.

Empiricky je ověřeno, že přesnost výpočtů při různých nastaveních vykazuje fluktuaci výsledků v řádu max. 1-2 % při méně vhodných konfiguracích vstupního pole bodů a vektorů. Podobného rozptylu se z hlediska přesnosti dosahovalo v porovnání s výsledky jiných programů (ATLAS, MOSS, MINCOM).

## Monitoring

Programové vybavení MONITORING pro počítače se systémem Windows XP a Windows 2000 je určeno ke sledování datových výstupů automatického dálkoměru v reálném čase a k současnému okamžitému vyhodnocování naměřených dat.

Program MONITORING předpokládá, že automatický dálkoměr v reálném čase cyklicky (v obecném časovém intervalu) zaměřuje polohu sady bodů a předává naměřené údaje v souboru dohodnutého datového formátu na libovolném místě počítačové sítě. Program v reálném čase testuje dostupnost a aktuálnost dat, která generuje automatický dálkoměr. Při změně vstupních dat provede vyhodnocení změny v poloze naměřených bodů a změřené/vyhodnocené údaje prezentuje různými způsoby, volitelně archivuje vstupní/vyhodnocená data, generuje databázové výstupy a exporty a případně zasílá varovná hlášení ve formě SMS nebo e-mailů na určená telefonní čísla/adresy.

Výchozí základnou je pro program MONITORING časová osa závislá na nastavení systémového času počítače, kde je program nainstalován. Na tuto časovou osu jsou „zapisované“ události náležející každému sledovanému bodu, ke kterému dálkoměr předává naměřené hodnoty. Tyto události zapisované na časovou osu nemusí mít obecně lineární charakter, nelinearita vstupních dat je naopak předpokládána.

Všechna vyhodnocení v poloze sledovaných bodů jsou v metrickém systému, všechny úhly jsou vyhodnocovány v jednotkách grad (0 je orientována na JIH), použitý je souřadný systém JTSK.

Sledování dat měřených bodů lze provádět z jednoho spuštěného programu MONITORING (v trvalém provozu) nebo i z více spuštěných programů MONITORING současně (z různých počítačů zapojených do sítě). Každý z programů se pak může chovat do určité míry autonomně, mohou provádět různé úkony, ale datová základna je pro všechny stejná. Některé ze spuštěných programů mohou v reálném čase sledovat a vyhodnocovat změny v poloze bodů, některé ale k datům mohou přistupovat i v diskretních časech a pouze získávat (prohlížet) již vyhodnocená data.

Program MONITORING z předaných dat změřených automatickým dálkoměrem vždy vypočítá aktuální souřadnice  $X, Y, Z$  pro každý sledovaný bod v systému JTSK a porovná aktuální polohu bodu podle řady kritérií s předchozí polohou bodu a s počáteční (iniciační) polohou bodu. Z rozdílu těchto poloh pak je vypočítán celkový a dílčí posun bodu a celková a dílčí rychlost změny v poloze bodu. Podle vypočítaných hodnot posunů a rychlostí pak program provádí další operace. Změřené hodnoty mohou být interpretovány několika způsoby, např. formou přehledných grafů, kde výchozí je vždy časová osa, na kterou jsou v obecných časových úsecích vynášeny vyhodnocené údaje.

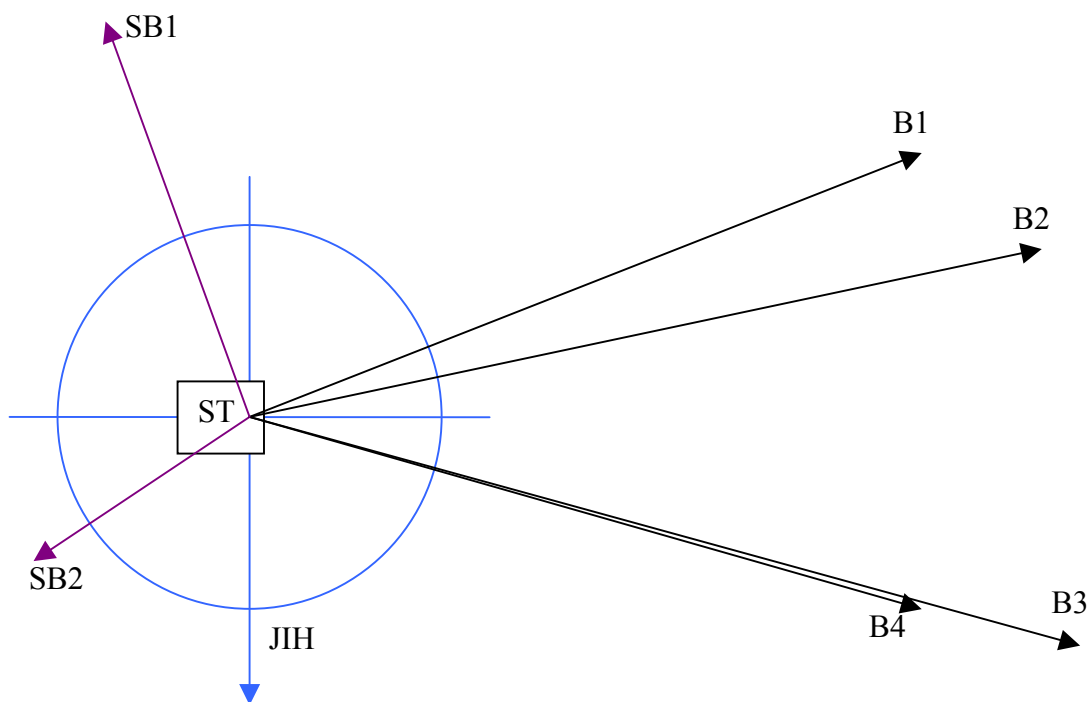
### Principy měření a vyhodnocení

Automatický dálkoměr ze svého pevného stanoviště ST (souřadnice  $X_{ST}, Y_{ST}, Z_{ST}$ ) v cyklu měří horizontální úhel, vertikální úhel a vzdálenost k zadaným srovnávacím a obecným bodům. Jako doplňkové údaje zaznamenává teplotu a atmosférický tlak, vypočítá atmosférické korekce a vzdálenost opravenou o tyto korekce.

Program MONITORING provádí v reálném čase čtení změřených dat a jejich vyhodnocování v parametricky nastaveném cyklu vzorkování synchronizovaném s cyklem měření dálkoměrem.

Pro srovnávací body SB1..SB5 program MONITORING porovná změřený horizontální úhel se zadanou hodnotou a z průměru diferencí těchto hodnot spočítá korekci, kterou přičítá k změřenému horizontálnímu úhlu všech obecných bodů B1..Bn.

Z pevných souřadnic stanoviště ST, horizontálního a vertikálního úhlu a korigované vzdálenosti bodu vypočítá program MONITORING pro každý obecný bod B1..Bn souřadnice  $X, Y, Z$  (viz následující obrázek) ve dvou variantách – jednou s využitím změřeného vertikálního úhlu (reálné souřadnice bodu ve 3D prostoru), jednou pouze s použitím horizontálního úhlu a vzdálenosti (souřadnice bodu ve 2D rovině proložené bodem stanoviště ST). Obě tyto varianty polohy bodu jsou pro každý bod „vynášeny na časovou osu“ a ukládány pro další výpočty (obr. 19).



Obr. 19. Poloha stanoviště ST, srovnávací body SB1 a SB2 a měřené body B1..B4 orientované v souřadném systému JTSK.

Fig. 19. The location of the "post" ST, the comparative points SB1 and SB2 and the survey points B1..B4 in the system of coordinates JTSK.

V čase jsou s narůstajícím počtem měření počítány stále nové polohy bodů a program MONITORING podle různých kritérií vyhodnocuje jejich vzájemné vztahy.

Všechny vztahy mezi souřadnicemi stanoviště ST a souřadnicemi obecných bodů jsou programem MONITORING interpretovány jako vztahy vektorů orientovaných v čase a v prostoru (2D i 3D současně).

Cílem sledování změn v poloze obecných bodů B1..Bn je určit obecné trendy jejich pohybu a včas zachytit významné a dynamické změny v poloze bodů. Správné určení polohy bodů je závislé na přesnosti prováděného měření.

Pro automatický dálkoměr je nejméně přesné měření vertikálního úhlu – v programu MONITORING lze tuto nepřesnost obejít používáním vyhodnocení pouze ze souřadnic bodů počítaných ve 2D rovině (bez použití vertikálního úhlu).

Vzhledem k poměrně velkým měřeným vzdálenostem mezi stanovištěm ST a obecnými body B1...Bn (až do dvou kilometrů) i malá chyba v měření horizontálního úhlu (v řádu úhlových vteřin) vede k poměrně značné diferencii v poloze měřených bodů (v řádu centimetrů až decimetrů). Vzhledem k následnému vyhodnocování dynamických změn v poloze bodů má tato chyba v měření významný vliv.

Nejpřesnější je měření vzdálenosti mezi stanovištěm ST a obecnými body B1...Bn. Pokud se předpokládá pohyb měřených obecných bodů, pak z uvedeného vyplývá, že ideální poloha stanoviště vůči měřeným bodům je v ose jejich předpokládaného pohybu (směrem ke stanovišti nebo od stanoviště ST).

Jako příklad nevhodného umístění měřených bodů jsou v obr. 19 nakresleny body B3 a B4. Z pohledu ze stanoviště ST jsou takřka v zákrytu – jejich úhlová vzdálenost je velmi malá. Při nepříznivých atmosférických vlivech (mlha, déšť,...) se může stát, že automatický dálkoměr chybně vyhodnotí polohu bodů B3/B4 (např. místo bodu B3 „najde“ bod B4). Následný výpočet souřadnic bodu B3 a vyhodnocení změny v poloze bodu B3 bude fatálně chybné.

Pro každý obecný bod jsou vyhodnocovány:

**celkový posun (CP)** - [mm] je délka vektoru od počáteční polohy bodu k aktuální poloze bodu,

**celková rychlost (CR)** - [mm/den] je rychlost změny od počáteční polohy bodu k aktuální poloze bodu přepočítaná na interval 24 hodin – celková dynamika pohybu,

**dílčí posun (DP)** - [mm] je délka vektoru od předchozí polohy bodu k aktuální poloze bodu („předchozí“ poloha bodu je parametricky definovaná hodnota na časové ose),

**dílčí rychlost (DR)** - [mm/den] je rychlost změny od předchozí polohy bodu k aktuální poloze bodu přepočítaná na interval 24 hodin – momentální dynamika pohybu.

**MONITORING v2005 - vyhodnocování polohy bodů**

Základní nastavení  
Sdílený soubor MONITOR  
D:\data\Report\_GeoMoS.txt  
Přístupové heslo: xxxxxx  
Parametry  
Ignorovaná výšeč [grad]  
Od: 100 Do: 300 Použít:   
Souřadnice stanoviště  
X: 984336.580 Y: 798829.980 Z: 163.940

Srovnávací body  
Zadaný směrnik [SB1]: 303.67490000  
Měřený směrnik [SB1]: 303.61500000  
Zadaný směrnik [SB2]: 324.90740000  
Měřený směrnik [SB2]: 324.91500000  
Zadaný směrnik [SB3]: 339.46480000  
Měřený směrnik [SB3]: 339.41500000  
Zadaný směrnik [SB4]: 394.60920000  
Měřený směrnik [SB4]: 394.71500000

Parametry bodu: 1000018050 (+vert. úhel)  
Počáteční poloha  
R: 16.3.2006, 13:39:33  
982372.8186 799130.1776 256.1158  
Předchozí poloha  
10.4.2006, 10:09:06  
982372.8448 799130.1598 256.1002  
Aktuální poloha  
10.4.2006, 10:38:39  
982372.8438 799130.1507 256.1006

	Identifikace	Kategorie	V. signálu	V. popisu	3D vektor	Sledovat	Kreslit	Barva
8.	1000018032	1	0.000	8	♦	♦	♦	♦
9.	1000018041	1	0.000	8	♦	♦	♦	♦
10.	1000018033	1	0.000	8	♦	♦	♦	♦
11.	1000018022	1	0.000	8	♦	♦	♦	♦
12.	1000018003	1	0.000	8	♦	♦	♦	♦
13.	1000018012	1	0.000	8	♦	♦	♦	♦
14.	1000018042	1	0.000	8	♦	♦	♦	♦
15.	1000018049	1	0.000	8	♦	♦	♦	♦
16.	1000018013	1	0.000	8	♦	♦	♦	♦
17.	1000018035	1	0.000	8	♦	♦	♦	♦
18.	1000018043	1	0.000	8	♦	♦	♦	♦
19.	1000018050	1	0.000	8	♦	♦	♦	♦
20.	1000018014	1	0.000	8	♦	♦	♦	♦

Měřené hodnoty: přepočten na int. 60 minut  
C. posun [mm] 37.4 D. posun [mm] 18.6  
C. směrnik [grad] 348.6073 D. směrnik [grad] 293.2505  
C. rychlost [mm/den] 2 D. rychlost [mm/den] 907  
SMS Start sledování

Limity celkového posunu [mm]  
Klidový stav 49 Stav neklidu 51  
Stav přípustných změn 50 Kritický stav 100

Limity dílčího posunu [mm]  
Klidový stav 49 Stav neklidu 51  
Stav přípustných změn 50 Kritický stav 100

Limity celkové rychlosti [mm/den]  
Klidový stav 50 Stav neklidu 100  
Stav přípustných změn 80 Kritický stav 120

Limity dílčí rychlosti [mm/den]  
Klidový stav 40 Stav neklidu 80  
Stav přípustných změn 60 Kritický stav 100

Diference celkového posunu [mm]: 0.0

Obr. 20. Okno programu MONITORING se zobrazením parametrů vybraného bodu.

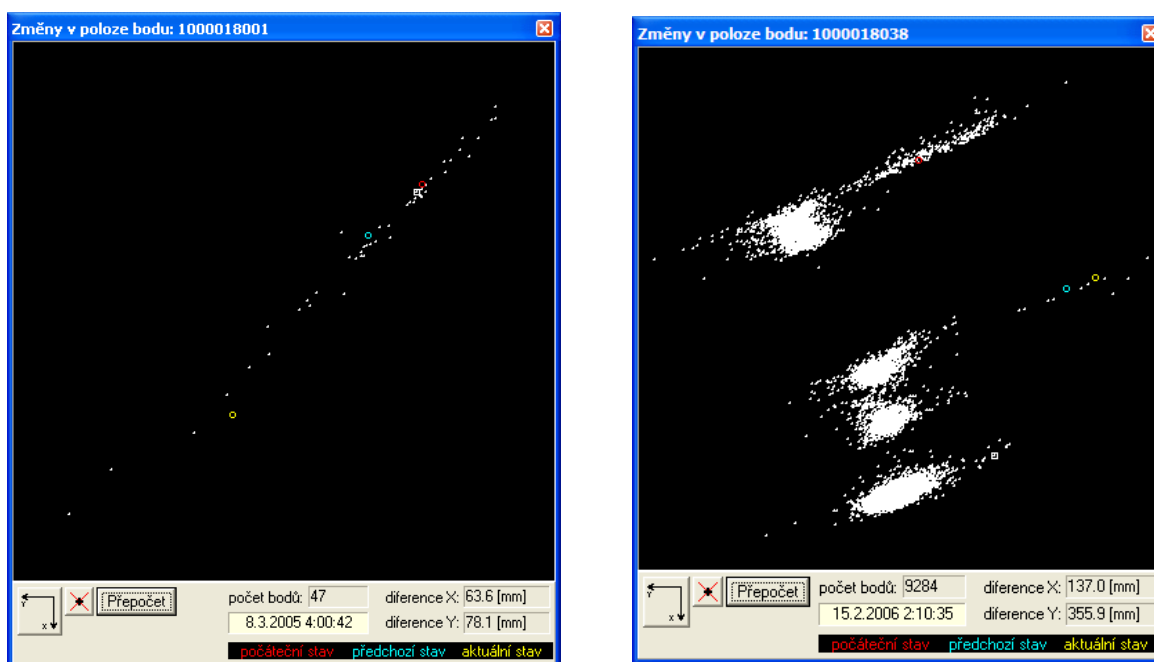
Fig. 20. Main window of the program MONITORING displaying the parameters of the selected point.

Z hlavního okna programu (obr. 20) jsou ovládány všechny funkce programu včetně provedení základního nastavení parametrů měřených bodů. Každý z bodů může mít definované parametry samostatně.

Parametry sledované a vyhodnocované pro každý bod:

č. bodu, identifikace, datum, čas měření	
SB1..SB4	- změřený horizontální úhel (HÚ) srovnávacího bodu,
korekce SB	- vypočítaná korekce ze zadaných a změřených HÚ srovnávacích bodů,
hor. úhel	- změřený horizontální úhel bodu opravený o korekci SB,
ver. Úhel	- změřený vertikální úhel (VÚ),
š. vzdál.	- změřená šikmá vzdálenost,
š. vzdál. kor.	- změřená šikmá vzdálenost korigovaná atmosférickými vlivy,
atmos PPM	- v [ppm] hodnota atmosférické korekce,
teplota, tlak	- atmosférické údaje v době měření bodu,
X(h.ú.), Y(h.ú.), Z(h.ú.)	- JTSK souřadnice počítané bez vlivu vertikálního úhlu,
X(v.ú.), Y(v.ú.), Z(v.ú.)	- JTSK souřadnice počítané včetně vlivu vertikálního úhlu,
c. posun	- v [mm] celkový posun mezi aktuální a počáteční polohou bodu,
c.p. směrník	- v [grad] úhel vektoru počítaný z aktuální a počáteční polohy bodu,
c.p. stav	- slovní hodnocení stavu bodu podle hodnoty celkového posunu,
d. posun	- v [mm] dílčí posun mezi aktuální a předchozí polohou bodu,
d.p. směrník	- v [grad] úhel vektoru počítaný z aktuální a předchozí polohy bodu,
d.p. stav	- slovní hodnocení stavu bodu podle hodnoty dílčího posunu,
c. rychlost	- elková rychlost posunu bodu počítaná z celkového posunu a intervalu mezi posledním a prvním měřením,
c.r. stav	- slovní hodnocení stavu bodu podle hodnoty celkové rychlosti,
d. rychlost	- celková rychlost posunu bodu počítaná z celkového posunu a intervalu mezi posledním a prvním měřením,
d.r. stav	- slovní hodnocení stavu bodu podle hodnoty celkové rychlosti.

Funkce grafického zobrazení fluktuace v poloze vybraného bodu (viz obr. 21 a 22).



Obr. 21 a 22. Na ploše okna jsou zobrazeny všechny polohy aktuálního bodu (jeho identifikace je vypsána v záhlaví okna) jako bílé tečky na černém pozadí. Barevně jsou zvýrazněny aktuální, předchozí a počáteční poloha bodu.

Fig. 21 and 22. On the windows sheet are displayed all locations of the actual point (its identification is written in the headline of the windows frame) as white dots on the black background. The actual, previous and initial locations of the points are highlighted in various colors.

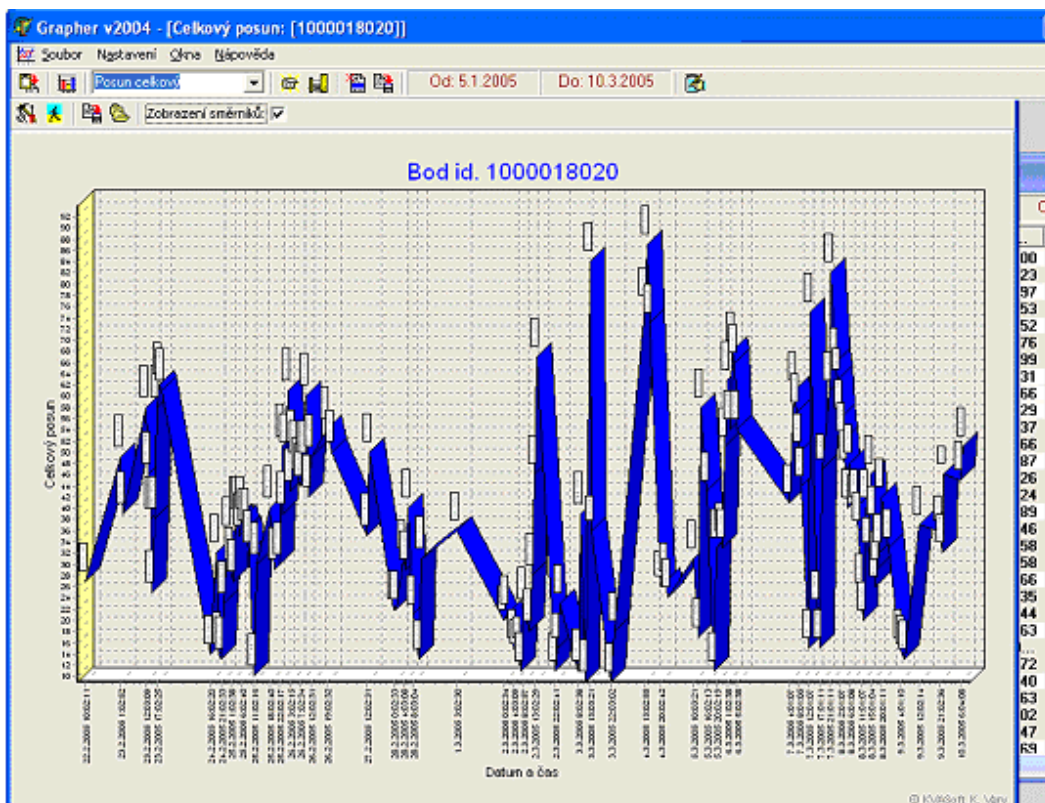
Pro nestabilní body, které vykazují trvalý pohyb v jednom směru, je nástroj grafického zobrazení fluktuace bodu velmi názorným prostředkem jak pro zobrazení směru pohybu, tak i pro posouzení dynamiky pohybu. Při nerovnoměrném pohybu budou vykreslovány „shluky“ bodů opakovaně v hlavním směru pohybu.

Pro stabilní body může grafické zobrazení také vykazovat „pohyb“ bodu vlivem systémové chyby měření. I s vyloučením vlivu vertikálního úhlu bude bod vlivem oscilace měření horizontálního úhlu vykazovat podobný „tvar“ zobrazení, jako je na obrázku. Grafické zobrazení je vždy nutné posuzovat s ohledem na znalost prostředí a všech parametrů bodu. Jiným pohledem na „úspěšnost“ měření bodů a jejich aktuální vyhodnocený stav je tabulka orientovaná v čase s barevným rozlišením hodnocení bodů (obr. 22).

Indikace platnosti měřených bodů																											
datum čas	SB 91	SB 92	SB 93	SB 94	01	10	20	40	02	11	21	32	41	33	22	03	12	42	49	13	35	43	50	14	24	36	44
2.4.2006 22:11:28	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	X	Ok	Ok	Ok	Ok
2.4.2006 21:41:13	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	X	Ok	Ok	Ok	Ok
2.4.2006 21:11:12	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	X	Ok	Ok	Ok	Ok
2.4.2006 20:41:46	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	X	Ok	Ok	Ok	Ok
2.4.2006 20:12:09	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
2.4.2006 19:41:17	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
2.4.2006 19:10:38	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	X	Ok	Ok	X	Ok	Ok	Ok	Ok
2.4.2006 18:40:31	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	X	Ok	Ok	X	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
2.4.2006 18:10:38	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok
2.4.2006 17:43:51	Ok	Ok	Ok	Ok	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Ok	X	Ok	X	X	X	X	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok	Ok

Obr. 22. Výřez z tabulky hodnocení bodů.  
Fig. 22. Cut out of the table with the points evaluation.

O činnosti programu, měření a vyhodnocení jsou programem produkovány podrobné archivy. Každá významná změna v měření je indikována graficky a akusticky na pracovišti trvalého provozu (obvykle dispečink) a podle parametrického nastavení může program rozesílat informační SMS a e-mailové zprávy odpovědným pracovníkům.



Obr. 23. Graf změny celkového posunu vybraného bodu za sledované období s výpisem dílčích směrníků.  
Fig. 23. Graph of complex changes of the selected point in the monitored period with the statement of the partial directional angles.

Podrobné v čase orientované databáze (standart Paradox) se všemi daty všech bodů, případně jejich řízené výběry, mohou být předávány k dalšímu vyhodnocení externí zpracovatelům.

Pro následné zpracování lze v prostředí programu generovat různé grafy, které znázorňují sledovanou veličinu vždy na proměnné časové ose (obr. 23).



### Literatura – References

Drs, L.: Plochy ve výpočetní technice, *SNTL, 1984.*

Žára, J., Beneš, B., Felkel, P.: Moderní počítačová grafika, *Computer Press, 1998.*

Kolektiv autorů: Aplikovaná matematika, *SNTL, 1977.*

Maňas, I.: Dokumentace Geologický model v 2005, *KVASoftware, 2006.*

Maňas, I.: Dokumentace Báňský model v 2005, *KVASoftware, 2006.*

Maňas, I.: Dokumentace Monitoring v 2005, *KVASoftware, 2006.*