

Příprava dat pro digitální modelování uhelných slojí v jihomoravském lignitovém revíru (česká část vídeňské pánve)

Kerstin Hoňková¹, František Staněk², Josef Honěk³ a Jan Jelínek⁴

Data preparation for digital modelling of the coal seams in the South Moravian Lignite Coalfield (Czech part of the Vienna Basin)

In the contribution data preparation for digital modelling and assessing the Kyjov Seam (Pannonian, zone B of the Vienna Basin stratigraphy) and the Dubňany Seam (Pannonian, zone F) is presented. The seams occur partly as unit seam and partly as seam split in up to four benches. Almost 3000 holes were drilled in the area in the last 50 years. Data about lithological logs, laboratory results and other measurements were gathered, uniformed, and stored in digital database. Input data for modelling, which were the thickness and average values of analytical parameters in set thickness in each data point (drill hole), were derived from the primary data stored in database by designed software. The thickness was defined in five ways in each drill hole. Firstly as the geological thickness to model natural geometry of the seam and secondly as deposit thickness to model only part of the seam with required quality. Deposit thickness was defined in four variants according to limit parameter of maximal average ash content value of 50, 40, 35, and 30 % in the seam in borehole.

Key words: the South Moravian Lignite Coalfield, database, coal seam modelling, estimation of coal reserves, economical thickness.

Úvod

Základem moderního hodnocení ložiska nerostné suroviny je vytvoření digitálního modelu ložiska a jeho následné vyhodnocení. V rámci projektu GA ČR č. 105/06/1264 zaměřeného na vzorové hodnocení uhelného ložiska byly ukázkově modelovány lignitové sloje v české části vídeňské pánve, tj. v oblasti označované jako „jihomoravský lignitový revír“ (JLR). Předmětem modelování byly nejmocnější a nejvýznamnější sloje JLR - *kyjovská* a *dubňanská*. Sloje jsou vyvinuty v pěti izolovaných dílčích částech revíru (obr. 1). Kyjovská sloj se vyskytuje ve dvou částech na území o celkové ploše cca 50 km² a její průměrná mocnost je přibližně 3 m. Dubňanská sloj s průměrnou mocností okolo 5 m se vyskytuje ve třech částech na ploše přibližně 350 km². Zčásti je vyvinuta jako jednotná a zčásti se štěpí do až čtyř hlavních lávek. (Bližší popis bude uveden v článku Honěk et al.: Uhelné sloje v jihomoravském lignitovém revíru.)

K modelování a následnému hodnocení slojí byl využit „Interaktivní programový systém pro hodnocení uhelných ložisek“ verze 2008 (IPSHUL08, Staněk et al., 2008), který byl vyvinut na HGF VŠB-TU Ostrava k hodnocení ložiska uhlí a stanovení jeho zásob na základě údajů uložených v databázi formátu MDB. Struktura databáze systému IPSHUL08 vychází z dříve vyvinuté databáze pro uložení dat z uhelných ložisek (Hoňková, 2006). Pro sestavení digitálního modelu vybraných uhelných slojí z JLR byla struktura původní databáze upravena a rozšířena podle specifických vlastností konkrétních ložisek. Celkovým rozsahem údajů výsledná databáze překračuje požadavky kladené na vstupní data pro modelování sloje, jelikož struktura databáze byla vyvíjena dlouhodobě a byla koncipována také pro další účely spojené s hodnocením uhelných ložisek, např. pro tvorbu grafické dokumentace ve formě profilů vrtů, geologických řezů apod.

Základním předpokladem pro práci se systémem IPSHUL08 je naplnění databáze potřebnými údaji. Pro modelování a hodnocení slojí v JLR byly tyto údaje získány z dostupné archivní dokumentace, zahrnující téměř třicet závěrečných zpráv ložiskového i jiného geologického průzkumu a výpočtů zásob ložisek lignitu. Z dokumentace vyhotovené v tradiční písemné formě byly vybrané údaje o výskytu a kvalitě slojí a vlastnostech jejich nejbližšího geologického okolí převedeny do digitální databáze, verifikovány a podle potřeb přehodnoceny a vyhodnoceny.

Druhou podmínkou úspěšného použití systému IPSHUL08 je jednotné uložení dat. Data z JLR se však vyznačují různorodostí v důsledku rozvoje technologie a metodiky průzkumu, ke kterému docházelo společně s vývojem vědy a techniky během několik desetiletí trvajícího ložiskového průzkumu. Proto bylo nutné podle možností provést přepočty a převody hodnot a textové údaje pokud možno kódovat.

Ze shromážděných dostupných podkladů bylo evidováno téměř 3000 vrtů vyhloubených v JLR v rámci ložiskového průzkumu na lignit (obr. 1), doprovodného hydrogeologického i jiného průzkumu. Hornická činnost umožnila odebrat podobné množství záseků, z nichž však byla do databáze zanesena jen část. Dokumentace k řadě z nich je nedostupná a v mnoha lokalitách, kde byly záseky realizovány, byla sloj

¹ Ing. Kerstin Hoňková, Ph.D., Opavská 150, 708 00 Ostrava - Pustkovec, Česká republika

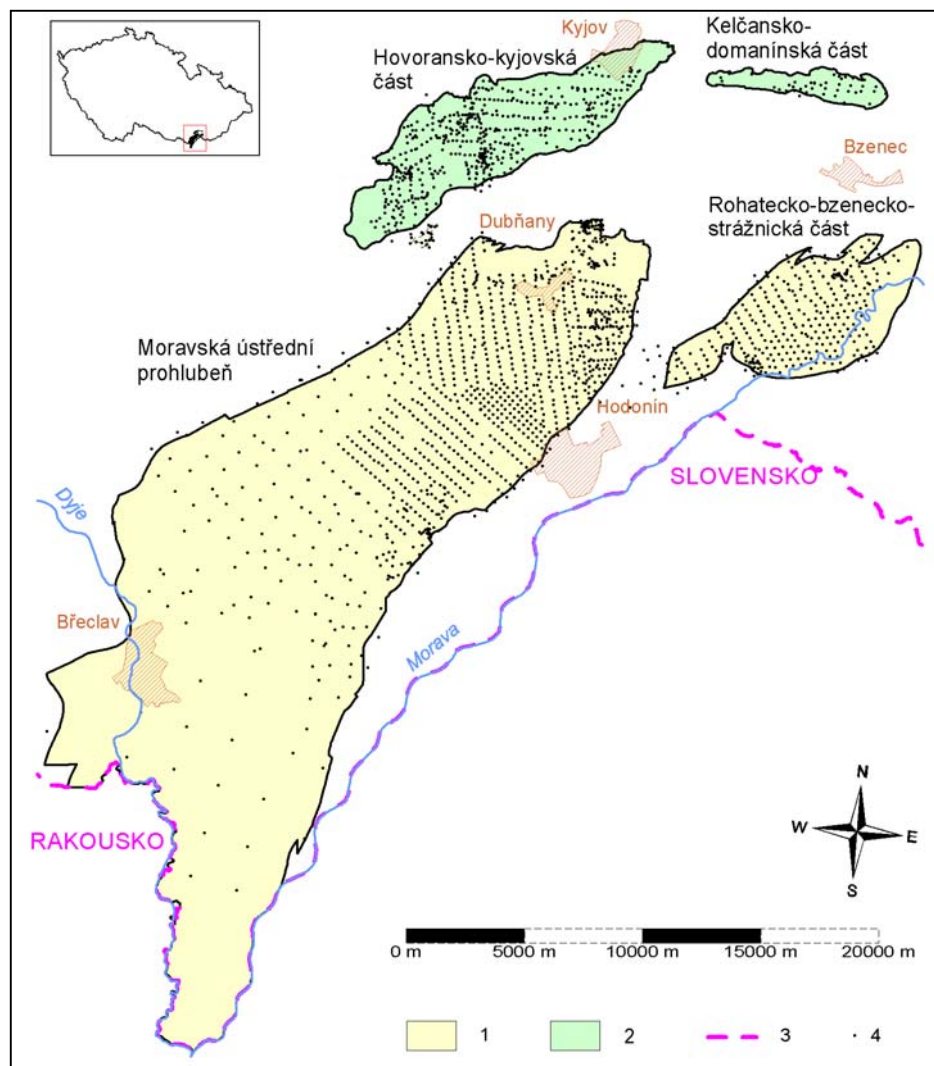
² Doc. RNDr. František Staněk, Ph.D., IGI HGF, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu, 708 33 Ostrava, Česká republika

³ Doc. Ing. Josef Honěk, CSc., Opavská 150, 708 00 Ostrava-Pustkovec, Česká republika

⁴ Ing. Jan Jelínek, Ph.D., IGI HGF, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu, 708 33 Ostrava, Česká republika

(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 1. 6. 2009)

v minulosti vydobyta. Další nevýhodou záseků je, že nebyly-li doplněny krátkými vrty při stropu a počvě chodby, nezachytily kontakt sloje s nadložím a podložím, a tedy celou mocnost sloje.



Obr. 1. Vrtý ložiskového průzkumu na lignit v jihomoravském lignitovém revíru evidované v databázi.

1 - území s výskytem dubňanské sloje; 2 - území s výskytem kyjovské sloje; 3 - státní hranice; 4 - vrt.

Fig. 1. Boreholes of lignite deposit exploration in the South Moravian Lignite Coalfield stored in database.

1 - area with the Dubňany Seam; 2 - area with the Kyjov Seam; 3 - border of Czech Republic; 4 - borehole.

Data

Ložisková data z geologického průzkumu

Pro přípravu vstupních dat pro modelování byly z průzkumu použity tyto typy údajů:

- o identifikační a lokalizační údaje k průzkumným dílům (vrtům a zásekům),
- o přijaté petrografické profily vrtů a záseků,
- o hodnoty analytických ukazatelů stanovené na vzorcích odebraných ze sloje a jejího okolí.

Údaje za základního ložiskového průzkumu se skládají z dat jak číselného, tak textového typu (zejména popisy hornin v petrografických profilech vrtů a záseků). Sjednocení číselných dat nepředstavovalo z metodického hlediska problém, spočívalo většinou v přepočtech hodnot. Nadmořské výšky byly z Jadranského výškového systému (používaného v oblastech s kyjovskou slojí pro díla na povrchu i v dolech a v oblastech s dubňanskou slojí většinou jen v dolech) přepočteny na hodnoty v Baltském výškovém systému (používaném v oblastech s dubňanskou slojí na povrchu a v oblasti dnes již jediného činného Dolu Mír i pod povrchem); hodnoty výhřevnosti a spalného tepla byly přepočteny na hodnoty vyjádřené v jednotkách platných v současnosti ($\text{kcal/kg} \rightarrow \text{MJ.kg}^{-1}$); hodnoty analytických ukazatelů ve stavech paliva

uvedených v dokumentaci byly přepočítány na hodnoty ve stavech paliva vybraných pro modelování (např. obsah popela $A^f \rightarrow A^d$, výhřevnost $Q_i^f \rightarrow Q_i^{45}$).

Výsledky analýz byly do databáze ukládány z předtištěných formulářů, do nichž se v minulosti zapisovaly. Jak se ukázalo na základě podrobného studia těchto podkladů, v některých případech byly hodnoty zapsány k analytickému ukazateli v neodpovídajícím stavu paliva. Tyto a jiné nesrovnalosti byly vyhledávány pomocí řady kontrolních výpočtů a pokud byly zjištěny, byly hodnoty jednotlivých ukazatelů do databáze uloženy do správných datových polí.

Hodnoty obsahu vody, uvedené v protokolech jako W_t^f , často nebyly stanoveny na vzorku skutečně v původním stavu, ale v důsledku pozdního stanovení a nevhodného skladování na částečně vyschlém vzorku. Vzhledem k tomu, že znalost obsahu vody byla v rámci řešení projektu nutná jen k přepočtům hodnot analytických ukazatelů na jiné stavy paliva, mohla být hodnota W_t^f s uvedenou výhradou do databáze zařazena a využita.

Sjednocení textových dat bylo provedeno použitím kódování. Problematické však přesto bylo jednotné uložení petrografických popisů hornin, vyznačujících se rozmanitými formulacemi, neboť pro petrografické popisy uhlí a přechodných hornin v JLR byly během několik desetiletí trvajícího průzkumu použity tři klasifikační systémy. Měnily se přitom nejen názvy dílčích položek v těchto klasifikacích, ale také počty kategorií v klasifikacích (např. v prvních klasifikacích neexistovaly dnešní kategorie „hornina s uhelnou příměsí“ nebo „jílovité uhlí“). Kromě toho se používaly provozní termíny, které nejsou nikde přesně definovány (např. „uhelný jíl“, „prašnice“). Uvedený fakt přináší komplikace při převodu názvů ze zastaralých klasifikací do moderního názvosloví.

Z toho důvodu byl vypracován a do databáze zařazen převodník, na jehož základě je možno popisy hornin a uhlí přibližně transformovat z původních popisů do moderního názvosloví. K vlastnímu uložení petrografických popisů do databáze a jejich následnému zpracování byl využit „Univerzální systém hodnocení a grafického zobrazení hornin, přechodných hornin a uhlí“ (Honěk et al., 2003) a odpovídající programový systém (Staněk, 2003). Předností tohoto systému je automatizované vyhodnocení a zpracování velkého množství petrografických popisů sestavených pomocí kódů elementárních petrografických údajů ve volně stanovených kombinacích.

Důležitým faktorem, který bylo nutno při ukládání a následném zpracování průzkumných dat v systému IPSHUL08 zohlednit, byl způsob odběru (segmentace) vzorků pro analýzy, který se v průběhu průzkumu v JLR postupně měnil. Vzorky byly podle typu rozděleny do kategorií a údaje z analýz pak pro zařazení do těchto kategorií byly označeny jedním z kódů: G - segment (jedna petrograficky homogenní poloha); SG - sesyp z několika petrograficky shodných nebo blízkých poloh, hloubkově však nesousedících; PG - sesyp ze dvou sousedících, petrograficky ale odlišných poloh; S - sesyp (obvykle zahrnuje celou mocnost sloje); DS - sesyp při částečné ztrátě jádra. Byla-li v případě ztráty jádra hodnota obsahu popela A^d do výsledného přijatého profilu sloje získána z karotážního měření, je taková hodnota odlišena kódem KG. Pokud byly k dispozici základní analýzy v dílčích polohách i v sesypu, byla při modelování dána přednost základním analýzám ze segmentů a ze sesypu byly doplněny jen další ukazatele, které se u jednoduchých segmentů nestanovovaly (např. obsah As^d). V opačném případě bylo nutno vyjít z hodnot, které byly k dispozici, např. jen ze sesypů.

Ložisková data interpretovaná z údajů geologického průzkumu

Přirozené těleso sloje je vymezeno geologickými jevy a charakteristikami, o kterých jsou získány znalosti jen v izolovaných průzkumných bodech a jejichž prostorový průběh je nutno interpretovat z primárních průzkumných dat v souladu s celkovou představou o geologické stavbě ložiska. Přesná pozice a průběh těchto vymežujících prvků mohou být ověřeny důlní činností, příp. při výchozech sloje na povrch. Přirozená omezení lignitových slojí v JLR tvoří:

- o spodní a svrchní vrstevní plocha sloje (plochy báze a stropu sloje),
- o tektonické poruchy,
- o výchozy sloje,
- o erozní vřmoly.

Průzkum v JLR probíhal po etapách, většinou po ložiskách (ve smyslu státní evidence), jejichž hranice se v průběhu doby několikrát změnily. Výsledkem jednotlivých průzkumných akcí byla, mimo jiné, řada lokálních strukturních map. Kompilací těchto strukturních map a jejich doplněním vznikla strukturní mapa báze kyjovské a dubňanské sloje pokrývající území celého výskytu těchto slojí (Honěk et al., 2001). V rámci digitálního modelování slojí JLR byly interpretace tektonických poruch, průběhu plochy báze sloje a výchozů sloje verifikovány a podle potřeb aktualizovány. K sestavení celkové strukturní mapy založené na digitálním modelu byl v rámci projektu využit program SURFER firmy Golden Software Inc. V každém vrtu byla nejprve v rámci stanovení přirozené geologické mocnosti sloje (viz níže) určena báze sloje. Z údajů o nadmořské výšce báze sloje v každém vrtu nebo jiném průzkumném bodě byl vypočítán grid plochy báze

sloje. Program SURFER disponuje několika interpolačními metodami, část z nichž umožňuje při výpočtu gridu respektovat tektonické poruchy.

Jiná data o ložisku a jeho okolí

Na omezení modelovaného tělesa sloje se v oblastech zasažených lidskou činností, zejména exploatací, podílejí také nepřírozené hranice „antropogenního“ původu. Kromě toho se zásoby stanovené uvnitř tělesa sloje detailně rozčleňují podle smluvních hranic. Z těchto hranic „technického“ typu byly do modelování slojí v JLR zahrnuty hranice a okraje:

- o vydobytých území,
- o ochranných pilířů,
- o území vymezených podle stupně prozkoumanosti ložiska.

Vydobytá území tvoří cca 5-10 % z celkové plochy dřívějšího výskytu kyjovské a dubňanské sloje. Sloje v JLR byly dobývány na plnou mocnost. Oblasti s vydobytými prostory jsou proto od výsledného modelu sloje kompletně odříznuty.

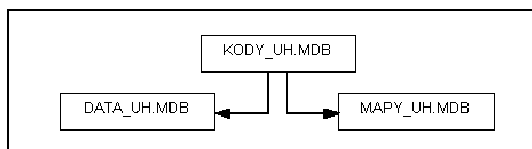
Ochranné pilíře jsou vymezeny pod smluvním úhlem (52° v JLR) pro objekty, příp. území, na povrchu nebo pod povrchem, které vyžadují ochranu před účinky těžby. Průniky těles ochranných pilířů s plochou báze sloje tvoří linie, které slouží pro rozdělení modelu sloje podle přípustnosti k dobývání na části s „volnými“ a „vázanými“ zásobami.

Posledním kritériem pro rozčlenění zásob podle Horního zákona je stupeň prozkoumanosti. Systém IPSHUL08 umožňuje kromě zařazení do obvyklých kategorií (zásoby prozkoumané, vyhledané, prognózní) samostatně vyhodnotit také oblasti bez stanovené prozkoumanosti.

Uložení dat

Výše uvedené údaje jsou uloženy ve speciální databázi, sestavené ze tří souborů formátu MDB. Tyto soubory jsou vzájemně propojeny, vztahy mezi nimi jsou vyjádřeny na obr. 2. Databáze se skládá ze souborů:

- **DATA_UH.MDB** - slouží pro uložení údajů především k vrtům a zásekům, tj. k objektům, které lze z pohledu modelování chápat jako bodové.
- **MAPY_UH.MDB** - je zaměřen na uložení údajů liniového typu, jako např. tektonické poruchy, hranice ložisek atd.
- **KODY_UH.MDB** - obsahuje dva typy údajů. První skupinu tvoří kódovíky, pomocí jejichž záznamů jsou kódována vlastní data. Druhou část souboru KODY_UH.MDB tvoří tabulky s aktuálně nastavenými hodnotami proměnných, které vstupují do výpočtů během zpracování. Jsou jimi např. petrografická klasifikace s hraničními hodnotami obsahu popela A^d , podmínky využitelnosti s limitními parametry pro klasifikaci zásob apod.



Obr. 2. Soubory databáze ložiskových údajů.

Fig. 2. Files of the deposit database.

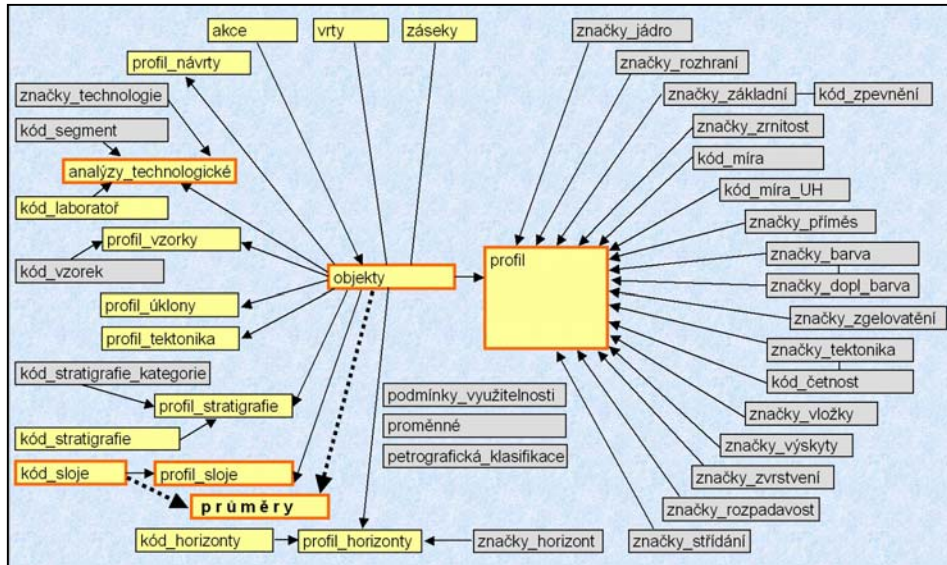
Přehled vnitřní struktury souboru DATA_UH.MDB je na obr. 3, kde jsou žlutě vyznačeny tabulky datové a šedě tabulky kódové, propojené ze souboru KODY_UH.MDB. Princip uložení dat v souboru MAPY_UH.MDB je vysvětlen na obr. 4. Struktura celého souboru je uvedena na obr. 5, kde jsou kódové tabulky odlišeny šedou barvou.

Součástí souboru KODY_UH.MDB je také tabulka s podmínkami využitelnosti pro klasifikaci zásob (dříve „kondice“) (tab. 1, kde jsou uvedeny dvě varianty těchto podmínek). Tato tabulka uchovává hodnoty limitních parametrů pro stanovení bilančních a nebilančních zásob a v případě požadavku také podmíněně bilančních zásob. Kromě dnes používaných ukazatelů, kterými jsou mocnost a obsah popela A^d , je v rámci systému IPSHUL08 možno pracovat také s dřívě sledovanou výhřevností nebo rozšířit kritéria o obsah síry.

Tab. 1. Tabulka PODMÍNKY VYUŽITELNOSTI ze souboru KODY_UH.MDB.

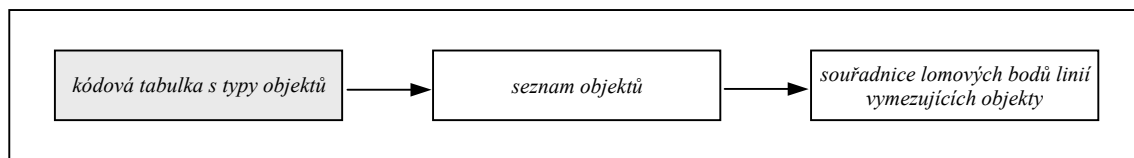
Tab. 1. Usability Requirements table of the file KODY_UH.MDB.

ID	nazev	moc_B	moc_PB	moc_N	Ad_B	Ad_PB	Ad_N	S_B	S_PB	S_N	vyh_B	vyh_PB	vyh_N
1	Podmínky využitelnosti JLR - 1	1.5		1	30		45						
2	Podmínky využitelnosti JLR - 2	1.5		1	40		60						



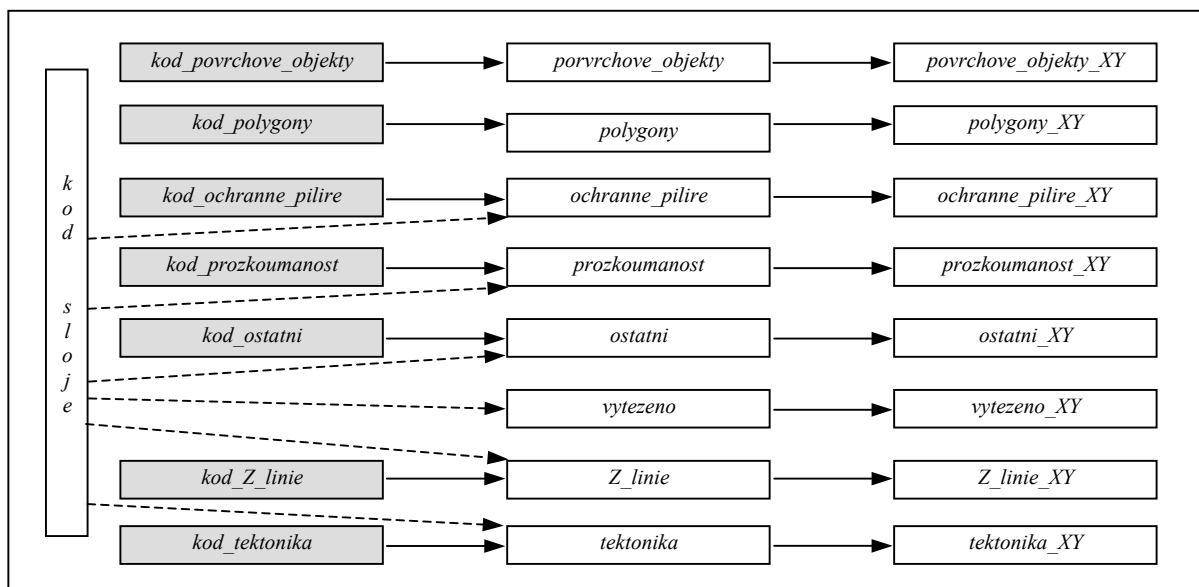
Obr. 3. Schematické znázornění vnitřní struktury souboru DATA_UH.MDB.

Fig. 3. Structure of the file DATA_UH.MDB.



Obr. 4. Soubor MAPY_UH.MDB - schematické znázornění principu uložení dat.

Fig. 4. File MAPY_UH.MDB - basic structure.



Obr. 5. Schematické znázornění databázové struktury a relací v souboru MAPY_UH.MDB včetně propojených tabulek ze souboru KODY_UH.MDB.

Fig. 5. Database structure and relations of MAPY_UH.MDB and KODY_UH.MDB file.

Odvození vstupních dat pro modelování sloje

Z výše stručně uvedených průzkumných dat uložených v databázi byla odvozena přímá vstupní data pro modelování slojí. Jednalo se o dvě hlavní skupiny údajů:

- údaje o prostorových hranicích omezujících těleso sloje.
- údaje o výpočtových mocnostech, zahrnující interval sloje (tj. bázi sloje a mocnost sloje), a průměrné hodnoty vybraných analytických ukazatelů ve zvolené mocnosti sloje ve vrtech a zásecích.

Údaje o prostorových hranicích omezujících sloj byly získány, jak bylo uvedeno výše, částečně na základě sběru dat, částečně byly reinterpretovány při sestavování digitální strukturní mapy.

Stanovení výpočtových mocností není jednoznačné, podléhá účelu stanovení. Mocnost vyjadřující přirozený výskyt sloje (dále v textu je označována jako *geologická*) je větší nebo rovna mocnosti vybrané pro hodnocení ložiska na základě kvalitativních požadavků (dále v textu je tato mocnost označována jako *bilancovaná*). Čím více je sloj vnitřně petrograficky a kvalitativně diferencovaná, tím existuje většinou více možností, jak bilancovanou mocnost stanovit. Tento fakt je důležité brát na zřetel při sestavování bilancovaného modelu sloje. V místech, kde dochází ke štěpení sloje do lávek je nutno dbát na to, aby docházelo k propojování odpovídajících si horizontů sloje mezi jednotlivými průzkumnými body. Proto byl pro modelování slojí v JLR v systému IPSHUL08, založeném v rámci možností na automatizovaném způsobu zpracování dat, použit dvoustupňový postup. Nejprve je stanovena geologická mocnost sloje a pak je jako její podmnožina stanovena bilancovaná mocnost. Tato bilancovaná mocnost byla při modelování slojí JLR stanovena ve čtyřech variantách pro sestavení čtyř bilancovaných modelů. Kvalitativním parametrem byl ve shodě s Podmínkami využitelnosti vybrán maximální obsah popela A^d , a to ve variantách s hodnotami 50 %, 40 %, 35 % a 30 %. Stejný dvoustupňový postup stanovení geologické a pak bilancované mocnosti je dodržen i při stanovení mocností jednotlivých lávek sloje.

V průzkumných dílech, které zastihly sloj, byly pro modelování slojí v JLR vyhodnoceny tyto typy mocnosti:

- geologická mocnost sloje pro geologický model sloje;
- bilancovaná mocnost sloje (4 varianty) pro bilancované modely sloje;
- geologické mocnosti jednotlivých lávek pro geologické modely uhelných lávek;
- bilancované mocnosti jednotlivých lávek (4 varianty) pro bilancované modely uhelných lávek.

Vzhledem k vysokému počtu vyhodnocovaných průzkumných objektů, byla pro stanovení výpočtových mocností sloje sestavena aplikace BilPol, která pracuje nad daty uloženými v popsané databázi, vizualizuje je a uživateli umožňuje provádět stanovení v interaktivním režimu. Následně zdlouhavé a opakující se výpočty (např. průměrných hodnot ukazatelů ve sloji) pak probíhají v režimu automatizovaném. Aplikace tím výrazně urychluje proces zpracování a zároveň je zárukou bezchybného uložení výsledných mocností v jednotné formě do souboru, který je v další fázi zpracování načítán programem IPSHUL08 jako soubor vstupních dat pro modelování.

Vyhodnocení mocnosti sloje v prostředí aplikace BilPol se skládá z několika dílčích kroků:

1. Odvození hodnot obsahu popela A^d ve vrstvě na základě petrografického popisu.
2. Výběr jednoznačných hodnot obsahu popela A^d a dalších analytických ukazatelů.
3. Vyhodnocení geologické a bilancované mocnosti sloje.
4. Vyhodnocení geologické a bilancované mocnosti lávek.

Vstupními daty pro aplikaci BilPol jsou údaje o petrografickém složení hornin ve vrtu nebo záseku, výsledky chemicko-technologických analýz a hodnoty proměnných vstupujících do výpočtů, které jsou uloženy v souboru s kódovíky a jsou uživatelem nastavitelné podle konkrétních potřeb (např. smluvní hodnoty obsahu popela A^d jednotlivých petrografických typů řady uhlí - jalová hornina).

Z analytických ukazatelů byly pro účely modelování vnitřních atributů ložisek JLR, a tedy pro vyhodnocení v aplikaci BilPol, z databáze vybrány:

- A^d - obsah popela v bezvodém stavu paliva,
- V^{daf} - obsah prchavé hořlaviny v hořlavině paliva (ve stavu bez obsahu vody a popela),
- Q_s^{daf} - spalné teplo v hořlavině paliva (ve stavu bez obsahu vody a popela),
- Q_i^f - výhřevnost v původním stavu paliva (v případě JLR je to hodnota při $W_t^f = 45 \%$),
- S_t^d - obsah veškeré síry v bezvodém stavu paliva,
- As^d - obsah arzenu v bezvodém stavu paliva.

V prvním kroku aplikace BilPol je provedeno automatizované odvození hodnot obsahu popela A^d pro každou vrstvu ve vybraném vrtu nebo záseku na základě petrografického popisu. Odvození se provádí proto, aby byla získána přibližná hodnota A^d , kterou by bylo možno dosadit k polohám sloje, v nichž nebyla hodnota A^d zjištěna analyticky. Odvozené hodnoty A^d jsou založeny na použití smluvních hodnot pro základní horninové typy. Tyto smluvní hodnoty jsou součástí databáze a lze je nastavit podle konkrétního požadavku. Hodnoty použité pro modelování ložisek v oblasti JLR uvádí tab. 2. Výpočet odvozené hodnoty A^d pomocí aplikace BilPol spočívá v načtení kódovaného petrografického popisu horniny z databáze,

vyhodnocení popisu, zařazení načtené horniny do odpovídající kategorie v petrografické klasifikaci podle tab. 2 a převzetí smluvní hodnoty A^d pro zjištěnou kategorii. Obsahuje-li vyhodnocovaná hornina vložky jiných typů hornin nebo vložky uhlí, koriguje se přiřazená hodnota A^d buď snížením (vložky uhlí) nebo zvýšením A^d (vložky hornin). Výsledné odvozené hodnoty A^d ke každé vrstvě jsou uloženy do pracovní databáze, která je načítána v dalších krocích aplikace BilPol.

Tab. 2. Petrografická klasifikace řady „uhlí - hornina“ se smluvními hodnotami A^d použitými pro modelování ložisek jihomoravského lignitového revíru.

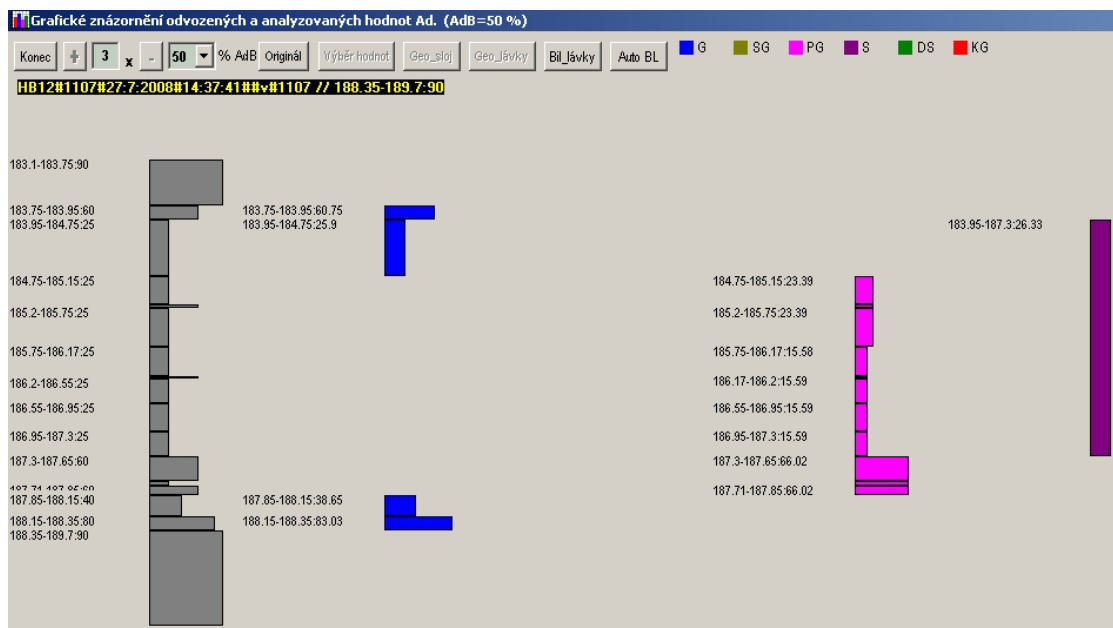
Tab. 2. Petrographic classification of the “coal - barren rock” array with the contractual ash content value used for coal modelling.

kategorie	kód	kód číselný	A^d [%]	smluvní hodnota A^d [%]
uhlí	U	1	< 30	25
jílovité uhlí	UH1	2	30 - 50	40
uhelnatá hornina	UH2	3	50 - 70	60
hornina s uhelnou příměsí	HU1	4	70 - 90	80
hornina	H	5	> 90	90

Odvozené hodnoty obsahu popela A^d jsou společně s hodnotami z analytických stanovení uložených v databázi graficky zobrazeny formou profilu vrtu. Společná vizualizace odvozených a analytických hodnot A^d (obr. 7) usnadňuje orientaci v existujících údajích. Levý graf znázorňuje odvozené hodnoty A^d . Vpravo od vykresleného profilu vrtu sestaveného z odvozených hodnot A^d se podobným způsobem zobrazují hodnoty A^d stanovené laboratorně. Grafy jsou barevně odlišeny podle typu vzorku, v jakém byly stanoveny (G, SG, PG, S, DS, KG - obr. 7, kde vysvětlivky jsou umístěny v aplikačním okně vpravo od ovládacích tlačítek).

Obr. 7. Přehled údajů z databáze o obsahu popela A^d ve vybraném intervalu profilu vrtu: odvozená hodnota A^d (levý graf) a analytické hodnoty A^d (ostatní grafy vpravo) - ukázka okna aplikace BilPol.

Fig. 7. Representation of derived ash content value from text description (on the left) and analysed values (on the right) - window of application BilPol.



Jedním z hlavních důvodů rozšíření procesu modelování ložisek JLR o rozsáhlý systém přípravy vstupních dat byla absence údajů nebo naopak existence duplicit v hodnotách analytických ukazatelů. Proto v následujícím kroku uživatel pokračuje v práci tím, že ke každé vrstvě přiřadí právě jednu hodnotu každého výpočtového parametru, aby bylo umožněno pokračovat ve stanovení průměrných hodnot výpočtových parametrů v geologických a bilancovaných mocnostech sloje nebo lávky automatizovaným způsobem. Výběr je zahájen aktivací tlačítka „Výběr hodnot“ (obr. 7). Vlastní výběr je prováděn pomocí zobrazené tabulky se všemi údaji dostupnými v databázi k aktuálně zpracovávanému parametru v daném vrtu pro zadaný interval. Prvním a nejdůležitějším parametrem je obsah popela A^d . Uživatel má k dispozici přesnou hodnotou z laboratorního stanovení, příp. karotážního měření, uloženou v databázi a přibližnou hodnotu získanou v předešlém kroku odvozením na základě petrografického popisu. V případě nutné potřeby může vložit

i hodnotu volnou editací přímo v aktivním okně aplikace. Hodnota obsahu popela A^d , jakožto limitního parametru, musí být povinně vybrána spojitě v celém zájmovém intervalu sloje. Hodnoty ostatních analytických ukazatelů (V^{daf} , Q_s^{daf} , Q_i^r , S_t^d , As^d) se pak stanovují ve shodném intervalu, v němž byly vybrány hodnoty A^d . Nejsou však již povinně spojitě ve všech polohách tohoto intervalu a lze je vybrat pouze z laboratorních stanovení.

V rámci připraveného hloubkového intervalu s již jednoznačnými hodnotami analytických ukazatelů, uloženými v pracovní databázi, může uživatel pokračovat definováním geologické mocnosti sloje (tlačítko Geo_sloj na obr. 7). Výběrem stropu a báze sloje pomocí kurzoru myši přímo nad zobrazeným levým grafem s možností upřesnění hraničních hodnot intervalu editací hloubek a přiřazením názvu sloje je definována geologická mocnost sloje, pro kterou je vypočten vážený průměr obsahu popela A^d a analogicky vážené průměry dalších sledovaných analytických ukazatelů podle vztahu:

$$\overline{A^d} = \frac{\sum_{i=1}^n (m_i * A_i^d)}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

kde

$\overline{A^d}$ je výsledná hodnota ukazatele váženého průměru,

A_i^d je hodnota ukazatele ve vrstvě i ,

m_i je mocnost vrstvy i [m],

i je pořadí vrstvy,

n je počet vrstev.

V rámci stanovené geologické mocnosti sloje má potom uživatel možnost nechat aplikaci automaticky stanovit bilancovanou mocnost sloje. Jedná se o interval, které svým umístěním nepřekračuje interval geologické mocnosti sloje. V jedné geologické mocnosti sloje jsou programem přizpůsobeným pro modelování ložisek JLR automaticky nalezeny bilancované mocnosti sloje ve čtyřech variantách, které splňují maximální hodnoty váženého průměru obsahu popela A^d s hodnotami 50 %, 40 %, 35 % a 30 %.

Provedením uvedeného postupu ve všech vrtech jsou pro oblast s jednotným vývojem sloje připravena vstupní data pro sestavení geologického modelu sloje a čtyř variantních bilancovaných modelů sloje splňujících nastavené podmínky maximálního povoleného obsahu popela A^d .

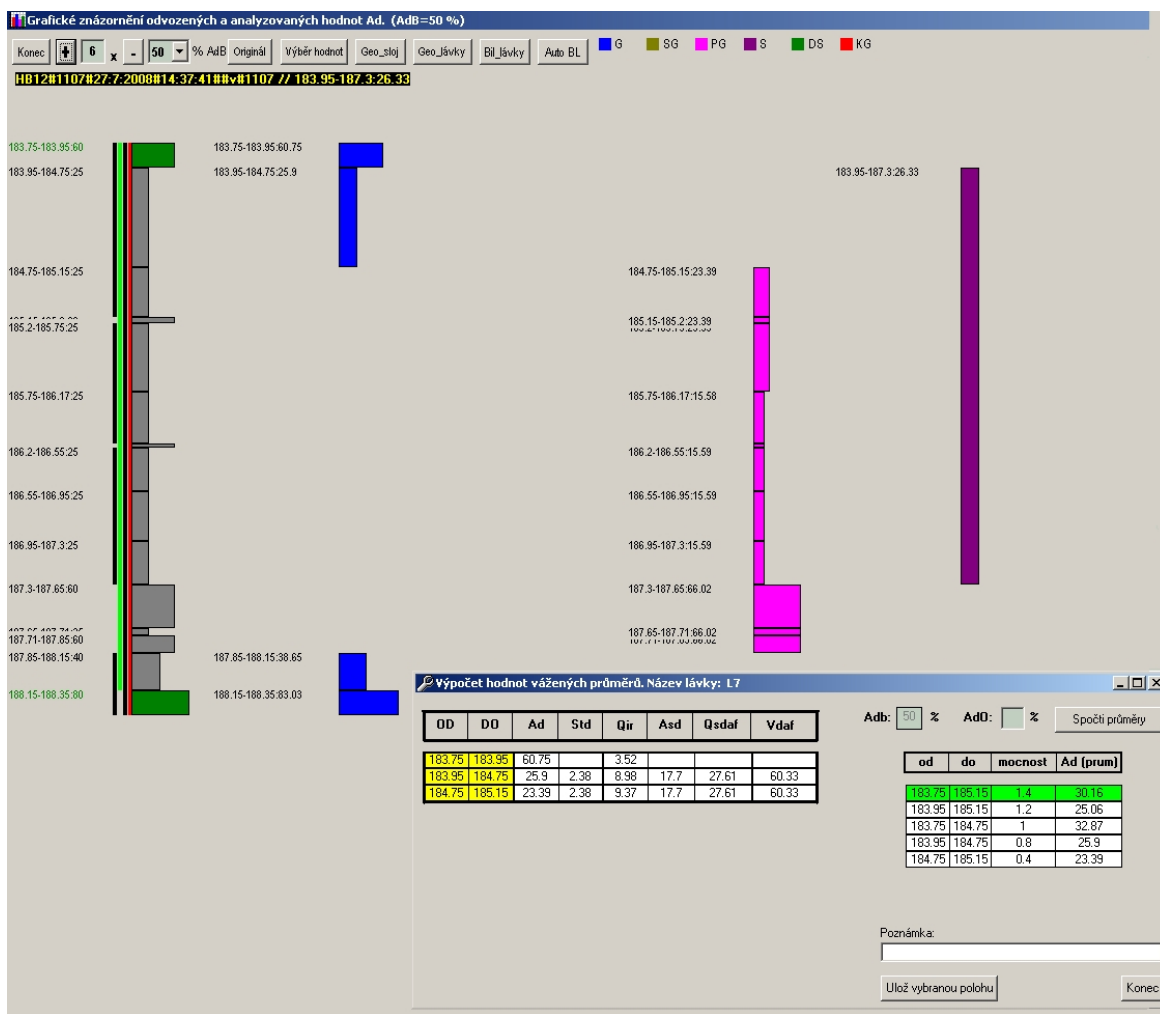
Poslední krok, kterým je definice geologické a bilancované mocnosti lávek, je prováděn jen u skupiny vrtů, které zastihly sloj v rozštěpeném vývoji. V rámci jednotlivých geologických slojí uživatel v takových případech definuje genetické lávky. Jednotlivé lávky se v systému označují odspoda nahoru L1, L3, L5, L7 a dělicí proplásky mezi nimi P2, P4, P6.

Stanovení geologických a bilancovaných mocností lávek (tlačítka „Geo_lávky“, „Bil_lávky“ na obr. 8) je založeno na podobném principu jako stanovení geologických a bilancovaných mocností slojí. Aplikace u uživatelem definovaných geologických lávek vypočte hodnoty vážených průměrů obsahu popela A^d a dalších sledovaných analytických ukazatelů. Zároveň automaticky stanoví údaje k dělicím proplástkům, u nichž jsou však sledované analytické ukazatele omezeny pouze na obsah popela A^d . Jednotlivé genetické horizonty (lávky a proplásky) nemusí být ve sloji vždy vyvinuty. Pro případy vyklínění je možné v aplikaci zadat nulové mocnosti lávek a proplástků.

Pro každou geologickou lávku aplikace automaticky generuje bilancované mocnosti lávky, které postupně splňují kritéria na maximální průměrný obsah popela A^d (50 %, 40 %, 35 %, 30 %). Uživatel může pracovat dvěma způsoby. Buď ponechá na aplikaci, aby sama vybrala a uložila nejmocnější interval v rámci geologické mocnosti lávky anebo si vybere optimální variantu podle svého uvážení, např. s ohledem na stanovení v okolních vrtech. V tom případě si nechá výsledky o nalezených možných stanoveních bilancovaných mocností lávky pro zadanou variantu limitního obsahu popela A^d zobrazit v tabulce, kde jsou tyto mocnosti zobrazeny včetně vypočítané hodnoty průměrného obsahu popela A^d a seřazeny sestupně podle hodnoty mocnosti (obr. 8). Z této tabulky má uživatel možnost vybrat jeden z navržených intervalů volným způsobem.

Také pro lávky v bilancované mocnosti jsou automaticky dopočítány údaje k příslušným dělicím proplástkům (hloubkové vymezení, mocnost, průměrná hodnota A^d), neboť stanovením bilancovaných mocností lávek odlišných od geologických mocností lávek se hranice proplástků posouvají.

Výsledkem jsou vstupní údaje pro modelování lávek v geologické mocnosti a variantně ve čtyřech bilancovaných mocnostech pro jednotlivé zadané maximální průměrné obsahy popela A^d (50 %, 40 %, 35 % a 30 %).



Obr. 8. Výběr z automatizovaně nalezených možností stanovení bilancované mocnosti lávky - ukázka okna aplikace BilPol.
 Fig. 8. Possible economical thicknesses of the bench found automatically by BilPol application.

Záznamy se získanými výsledky ke slojím i lávkám jsou automaticky uloženy do tabulky PRUMERY v souboru DATA_UH.MDB (tab. 3 až 5).

Tab. 3. Databázová tabulka „PRUMERY“ v souboru DATA_UH.MDB - ukázka záznamů s geologickou mocností sloje.
 Tab. 3. Database table PRUMERY (Averages) from DATA_UH.MDB file - example of records with geological thickness of the seam.

objekt	typ	SLOJ	AdB	AdO	hl_baze	kota_baze	mocnost	Ad	Std	Asd	Qir	Qsdaf	Vdaf	vyber
HB27	GS	ds			179.15	18.27	5.1	38	1.72	7.03	7.17	25.38	58.2	ano
M519	GS	ds			44.7	158.34	6.74	45.77	2.06	17.26	6.22		54.30	ano

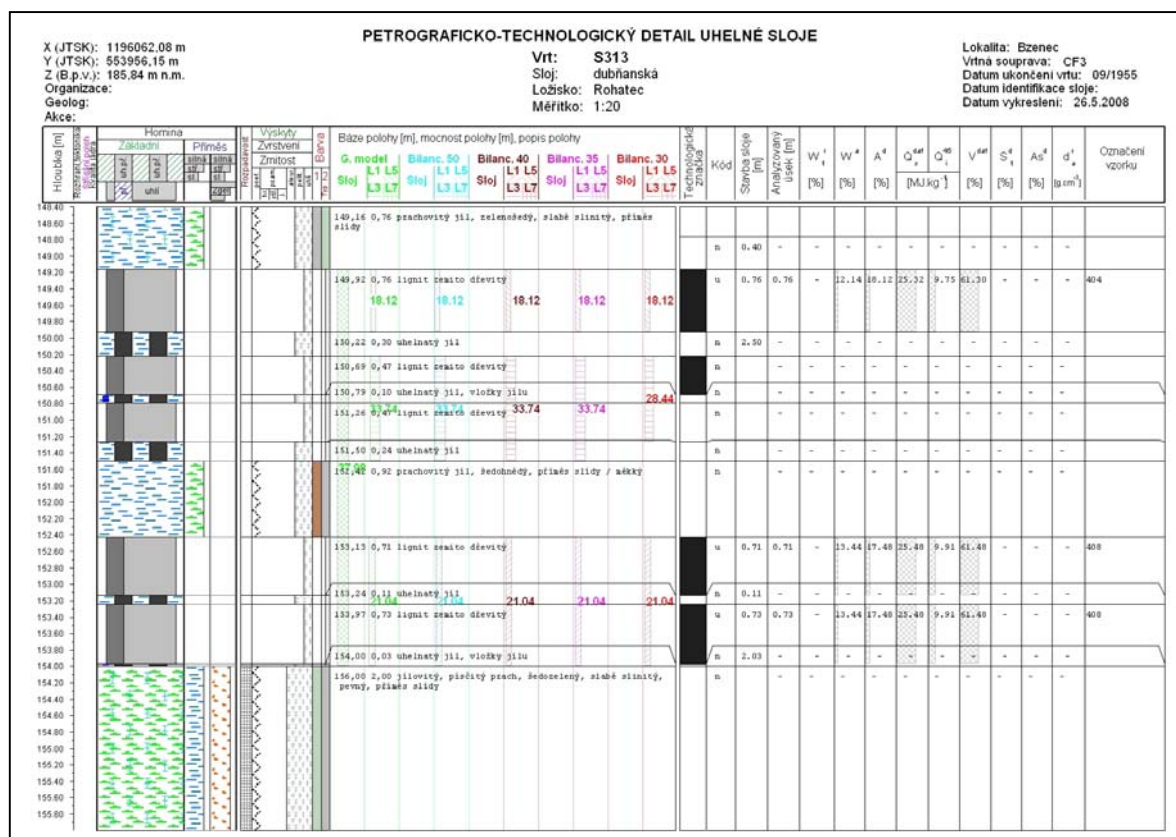
Tab. 4. Databázová tabulka „PRUMERY“ v souboru DATA_UH.MDB - ukázka záznamů s bilancovanou mocností sloje.
 Tab. 4. Database table PRUMERY (Averages) from DATA_UH.MDB file - example of records with economical thickness of the seam.

objekt	typ	SLOJ	AdB	AdO	hl_baze	kota_baze	mocnost	Ad	Std	Asd	Qir	Qsdaf	Vdaf	vyber
HB27	BS	ds	30	100	177.65	19.77	2.7	29.8	1.72	7.03	8.36	25.38	58.2	ano
HB27	BS	ds	35	100	179	18.42	4.4	34.1	1.72	7.03	7.78	25.38	58.2	ano
HB27	BS	ds	40	100	179.15	18.27	5.1	38	1.72	7.03	7.17	25.38	58.2	ano
HB27	BS	ds	50	100	179.15	18.27	5.1	38	1.72	7.03	7.17	25.38	58.2	ano
M519	BS	ds	30	100	40.45	162.59	2.04	24.21	2.3	20.40	9.21		52.60	ano
M519	BS	ds	35	100	40.45	162.59	2.49	32.44	2.3	20.40	8.20		52.60	ano
M519	BS	ds	40	100	40.62	162.42	2.66	34.58	2.3	20.40	7.91		52.60	ano
M519	BS	ds	50	100	44.7	158.34	6.74	45.77	2.06	17.26	6.22		54.30	ano

Tab. 5. Databázová tabulka „PRUMERY“ v souboru DATA_UH.MDB - ukázka záznamů s geologickou mocností lávek a proplástků.
Tab. 5. Database table PRUMERY (Averages) from DATA_UH.MDB file - example of records with geological thickness of benches and interlayers.

objekt	typ	SLOJ	AdB	AdO	hl. baze	kota baze	mocnost	Ad	Std	Asd	Qir	Qsdaf	Vdaf	vyber
HB27	GL	L7			174.45	22.97	0.4	55.4			4.41			ano
HB27	GP	P6			174.6	22.82	0.15	66.9						ano
HB27	GL	L5			175.8	21.62	1.2	34	1.72	7.03	7.7	25.38	58.2	ano
HB27	GP	P4			175.95	21.47	0.15	67.3						ano
HB27	GL	L3			178.29	19.13	2.34	26.9	1.72	7.03	8.99	25.38	58.2	ano
HB27	GP	P2			178.35	19.07	0.06	78						ano
HB27	GL	L1			179.15	18.27	0.8	53.6			4.64			ano
M519	GL	L7			39.1	163.94	1.14	44.42	2.3	20.40	7.01		52.60	ano
M519	GP	P6			39.1	163.94	0							ano
M519	GL	L5			40.62	162.42	1.52	27.20	2.3	20.40	8.59		52.60	ano
M519	GP	P4			42.4	160.64	1.78	71.60						ano
M519	GL	L3			44.35	158.69	1.95	36.03	1.81	11.80	7.25		56.07	ano
M519	GP	P2			44.35	158.69	0							ano
M519	GL	L1			44.7	158.34	0.35	53.62			3.98			ano

Výsledky z tabulky PRUMERY je možno graficky zobrazit pomocí aplikace GrHoUh v detailu sloje (Staněk, 2003). Ukázka výstupu je na obr. 9.



Obr. 9. Detail uhelné sloje s geologickými a bilancovanými mocnostmi sloje a jejich lávek - výstup z aplikace GrHoUh (intervaly v profilu s uvedením průměrného obsahu popela A^d; zelené - geologické mocnosti sloje a lávek, modré - bilancované mocnosti lávek modelu A^d_{max} = 50 %, hnědé - bilancované mocnosti lávek modelu A^d_{max} = 40 %, fialové - bilancované mocnosti lávek modelu A^d_{max} = 35 %, červené - bilancované mocnosti lávek modelu A^d_{max} = 30 %).

Fig. 9. Seam log with geological and economical thickness of seam and its benches - output from GrHoUh application (intervals in the log with average value of ash content: green - geological thickness of the seam and benches; blue - economical thickness of benches in model with ash content of 50 %; brown - economical thickness of benches in model with ash content of 40 %; violet - economical thickness of benches in model with ash content of 35%; red - economical thickness of benches in model with ash content of 30 %).

Závěr

Příprava dat pro rozsáhlé modelování kyjovské a dubňanské sloje zahrnovala vybudování databáze pro uložení údajů z ložiskového průzkumu a sestavení programu pro následné vyhodnocení uložených dat stanovením mocností sloje a jejich průměrných ložiskových parametrů v průzkumných dílech. Pomocí vyvinuté aplikace bylo možno i přes vysoký počet vrtů a záseků provést toto časově náročné vyhodnocení pěti způsoby - v nadřazené geologické mocnosti vyjadřující přirozený vývoj sloje a v podřízené bilancované mocnosti podle limitního maximálního průměrného obsahu popela A^d ve sloji ve čtyřech variantách 50 %, 40 %, 35 % a 30 %. Hlavním přínosem popsaného způsobu přípravy dat je možnost rychlého sestavení různých bilancovaných modelů, na jejichž základě je možno provádět srovnávací analýzy podle měnicích se kvalitativních požadavků. Nadřazenost geologického modelu zajišťuje sestavení hledaného bilancovaného modelu takovým způsobem, aby respektoval stavbu sedimentárního ložiska i v oblastech s lávkujícím vývojem sloje.

Poděkování: Příspěvek byl zpracován v rámci řešení grantového projektu GAČR 105/06/1264.

Literatura - References

- Honěk, J. et al.: Jihomoravský lignitový revír - komplexní studie. In Sb. vědeckých prací VŠB – TU Ostrava, rok 2001, ročník XLVII, řada hornicko-geologická, *monografie 3*, 272 s.
- Honěk, J., Hoňková, K., Jelínek, J., Staněk, F.: Univerzální systém hodnocení a grafického zobrazení hornin, přechodných hornin a uhlí. In Sb. vědeckých prací VŠB – TU Ostrava, rok 2003, ročník XLIX, řada hornicko-geologická, *monografie 9*, p. 69 - 92.
- Hoňková, K.: Databáze ložiskových údajů interaktivního programového systému pro aplikaci moderních metod hodnocení uhelných ložisek a jejich dílčích částí v komplikovaných podmínkách. In Sb. vědeckých prací VŠB – TU Ostrava, rok 2006, ročník LII, řada hornicko-geologická, *monografie 16*, p. 73 - 94.
- Staněk, F.: Softwarové zabezpečení univerzálního systému zobrazení hornin, přechodných hornin a uhlí. In Sb. vědeckých prací VŠB – TU Ostrava, rok 2003, ročník XLIX, řada hornicko-geologická, *monografie 9*, p. 103 - 108.
- Staněk, F., Hoňková, K., Jelínek, J., Honěk, J.: Digitální model jihomoravského lignitového revíru. *Acta Montanistica Slovaca*, 4/2008, Košice.