

Digitální model jihomoravského lignitového revíru v oblasti Bzence a jeho vizualizace

Vlastimil Kajzar¹, František Staněk²

¹Ústav geoniky AV ČR, v.v.i., Studentská 1768, 708 00 Ostrava
vlastimil.kajzar@ugn.cas.cz

²Institut geologického inženýrství, HGF, VŠB-TU Ostrava, 708 33 Ostrava
frantisek.stanek@vsb.cz

Abstrakt. V příspěvku jsou popsány metodické postupy modelování a hodnocení lignitového ložiska v české části vídeňské pánve (jihomoravský lignitový revír), v lokalitě v okolí Bzence. V tomto území se vyskytuje dubňanská sloj (pannon F). Základem řešení je ložisková databáze se všemi nezbytnými primárními daty doplněná o údaje o jednotně přehodnocených bilancovaných mocnostech sloje v přibližně 230 vrtech. Proplástky zde rozdělují sloj do tří lávek (celkem pět horizontů). Základním modelem ložiska je tzv. geologický model, který charakterizuje geologický vývoj ložiska a stanovuje prostorové rozmístění uhelných poloh na ložisku. Na jeho základě se následně vytvářejí variantní modely podle kvality uhlí (tzv. bilancované modely), které respektují prostorové rozmístění uhelných poloh popsané geologickým modelem. Digitální model sloje je využit pro všeobecné zhodnocení ložiska, stanovení morfologie a distribuce jednotlivých ložiskových atributů. Pro zpracování a grafickou prezentaci dat jsou použity matematické, statistické a geostatistické metody. Následně je zajištěn automatizovaný převod datových výstupů do běžně užívaných formátů prostorových dat v prostředí GIS. Pomocí převodních algoritmů je realizován převod jak vektorových geoprvků, tak vytvořených prostorových modelů. Převod výstupních dat do GIS rozšiřuje možnost využití těchto dat více uživateli. Získána data mohou sloužit jako vstupy pro další zpracování a analýzy. Také se zde nabízí možnost kompozice mapových výstupů, které odpovídají náročným požadavkům na klasickou geologickou dokumentaci. Příspěvek se zabývá i návrhem těchto mapových výstupů.

Klíčová slova: Jihomoravský lignitový revír, databáze, modelování uhelného ložiska, výpočet zásob, GIS.

Abstract. A digital model of the South Moravian Lignite Coalfield in the Bzenec area, and its visualization. In this contribution, the methodological procedures for modeling and assessing of the lignite deposit in the Bzenec area of the Czech part of the Vienna Basin (the South Moravian Lignite Coalfield) are presented. There is a territory where Dubňany seam (Pannonian F) occurs. All necessary primary data together with data about uniformly reassessed balanced seam thicknesses in about 230 boreholes were collected into a deposit database. This database was further studied in order to create the deposit model. The seam in the studied area is split into three coal benches (altogether 5 horizons). The basic deposit model is a so-called geological model, which describes the structural character of the deposit and defines the spatial positions of the coal seams. On the basis of the geological model so-called balanced models, i.e. variant models according to the coal quality, are created. These models respect the spatial positions of the coal seams as described by the geological model. The digital seam model is applied for a comprehensive assessment of the lignite deposit to determine both its morphology and the distribution of particular deposit attributes. Mathematical, statistical, geostatistical, and graphical methods are applied for processing and graphical representation of the data. Consequently, it is possible to transfer the data inputs into common GIS formats of the spatial data. Both vector geofeatures and created spatial models can be transferred using the conversion algorithms. Output data transformation into the GIS data enables multi-user using of the data. In addition, the obtained data can be further processed and analysed. It is also possible to make compositions of the map outputs, which is often needed for classical geological evidence. This contribution deals also with the design of these map outputs.

Keywords: The South Moravian Lignite Coalfield, database, coal seam modeling, estimation of coal reserves, GIS

1 Úvod

Článek se zabývá některými postupy řešení a výsledky projektu Grantové agentury České republiky č. 105/06/1264 s názvem „Digitální model jihomoravského lignitového revíru – vzor moderního komplexního hodnocení ložiska uhlí s perspektivou budoucí exploatace“ v rohatecko – bzenecko – strážnické části (dále Bzenecko) revíru. Cílem projektu bylo vytvoření digitálního modelu

jihomoravského lignitového revíru (dále JLR) a jeho využití pro komplexní hodnocení ložiska, určení jeho morfologie a rozložení jednotlivých ložiskových atributů. Na základě vytvořeného modelu se následně provádí variantní zhodnocení - odhady zásob lignitu jednotlivých částí ložiska podle různých klasifikačních systémů. Základem řešení je ložisková databáze JLR. Pro zpracování a grafické znázornění dat uložených v ložiskové databázi se využívají matematické, statistické, geostatistické a grafické metody s cílem vytvořit model ložiska co možno nejvíce se blížící realitě.

Při řešení projektu je využíván upravený a rozšířený programový systém pro tvorbu modelu uhelného ložiska a jeho následného hodnocení (dále IPSHUL08) vyvinutý na Institutu geologického inženýrství Hornicko-geologické fakulty VŠB-TU Ostrava (Staněk et al. 2007). Grafické výstupy se převážně generují v prostředí programu Surfer a LogPlot, textové výstupy pak v prostředí MS Excel. Automaticky se tak vytváří velké množství map izolinií, 3D zobrazení jednotlivých sledovaných atributů, map zásob, geologických řezů, výstupních sestav, tabulek a grafů s výsledky hodnocení ložiska. Součástí systému je i převod grafických výstupů do prostředí GIS, což umožňuje vytvářet mapy typu tradiční geologické dokumentace. Způsobům realizace těchto převodů je věnována část tohoto příspěvku.

Jihomoravský lignitový revír (dále JLR) je území, ve kterém se v české části vídeňské pánve vyskytují lignitové sloje. Revír se nachází v JV části České republiky a sestává ze dvou částí s kyjovskou slojí a dvou částí s dubňanskou slojí.

Modelování ložiska uhlí se opírá o výsledky předchozí identifikace a korelace slojí zastižených průzkumnými díly. Způsob modelování respektuje základní vlastnosti sedimentárních těles (vrstevnatost vyznačující se skokovými změnami vlastností hornin na kontaktu vrstev, výrazná převaha plošných rozměrů nad mocností apod.) s možným ovlivněním dalšími geologickými jevy (eroze, tektonické porušení apod.). Při vytváření modelu ložiska byla provedena rekonstrukce tektonické mapy dubňanské a kyjovské sloje a současně vytvořena představa o tektonickém vývoji této části vídeňské pánve.

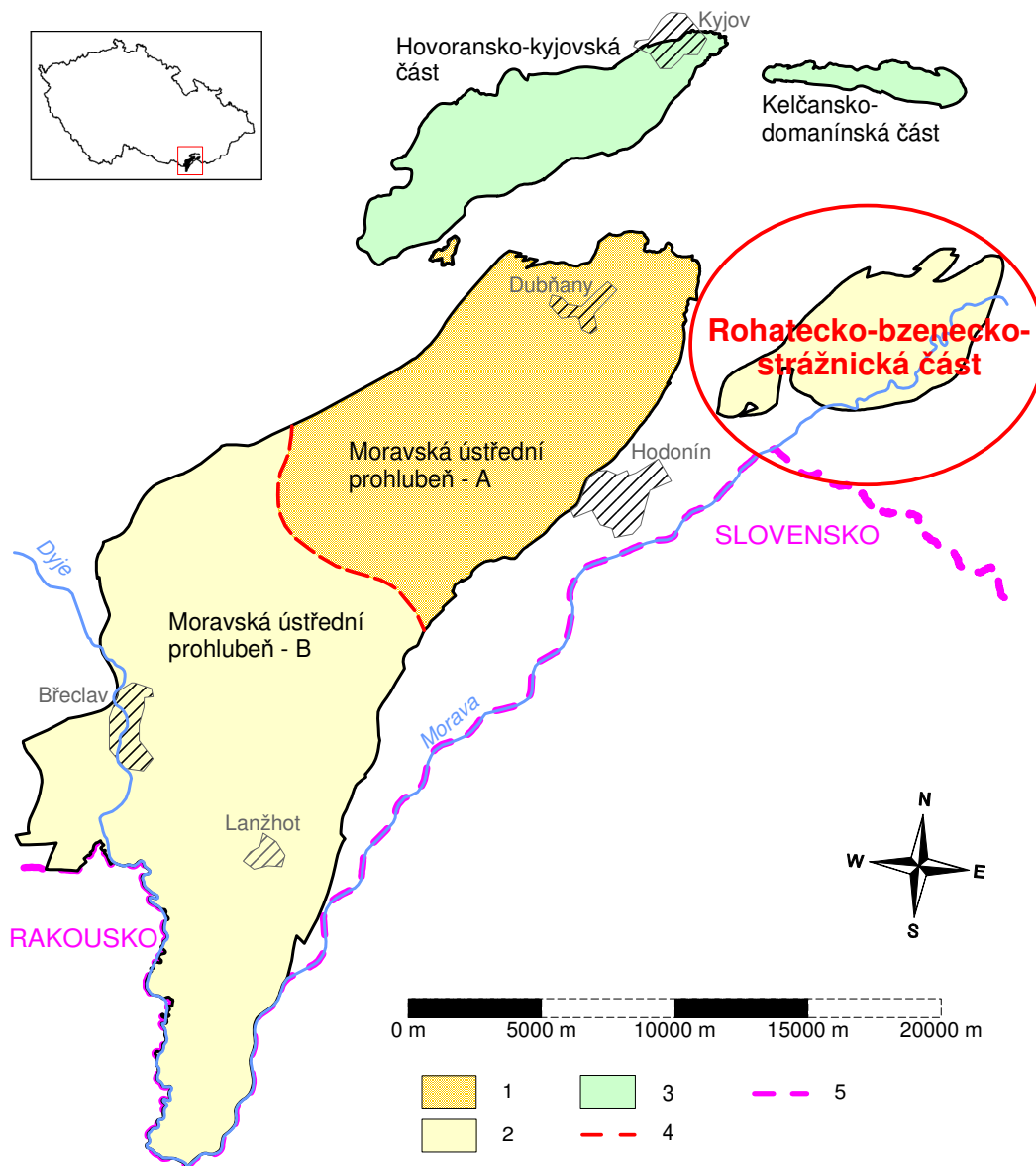
Ložisko lignitu v oblasti JLR se vyznačuje nejednotným vnitřním vývojem sloje, kdy sloj přechází od jednotně vyvinuté do sloje členěné proplásky postupně až do čtyř lávek. Při modelování je proto nutno přistupovat k jednotlivým částem ložiska odlišně podle typu vývoje sloje. V oblastech s jednotným vývojem je předmětem modelování těleso souvislé sloje, zatímco v oblastech, kde je sloj rozštěpena, jsou modelovány jednotlivé lávky sloje (viz obr. 1). Přitom lze jednotlivé vrstvy (lávky sloje a proplásky) prostorově spojovat tak, aby takto spojené vrstvy vyhovovaly variantně zadanému meznímu obsahu popela A^d .

2 Česká část vídeňské pánve a uhelné sloje v jihomoravském lignitovém revíru

V jižní části Moravy se vyskytují v sedimentech vídeňské pánve sloje velmi slabě prouhelněného hnědé uhlí označovaného jako lignit. Sloje a slojky lignitu vznikly z rozsáhlých rašelinišť, které se na plochém pobřeží vytvořily v pannonu na závěr vývoje vídeňské pánve. Dvě z těchto slojí – kyjovská a dubňanská – mají hospodářský význam a byly dlouhodobě těženy.

Území s výskytem těchto dvou slojí se označuje jako jihomoravský lignitový revír. Kyjovská sloj se nachází ve dvou dílčích částech: větší hovoransko – kyjovské části a menší kelčansko – domanínské části (obr. 1). Také dubňanská sloj se vyskytuje ve dvou oddělených částech. Ve větší moravské ústřední prohlubni (dále MÚP) je v severní části sloj vyvinuta v jednotném vývoji, směrem k jihu se štěpí na čtyři uhelné lávky oddělené třemi proplásky.

Druhou oblastí s dubňanskou slojí je rohatecko – bzenecko – strážnická část (dále Bzenecko). Má elipsovitý tvar, protáhlý ve směru JZ – SV, její osa je shodná s železniční tratí Břeclav – Přerov. Je 12 km dlouhá a maximálně 5,5 km široká. Dubňanská sloj byla v minulosti dobývána dvěma doly – dolem Jan u Rohatce a dolem Littner v s. části ložiska. Vydobyté plochy na Bzenecku jsou velmi malé. Také na Bzenecku se dubňanská sloj dělí na genetické lávky. Na rozdíl od MÚP se zde sloj rozděluje na tři uhelné lávky označené zdola nahoru L1, L3, L5, oddělené proplásky P2 a P4.



Obr. 1. Výskyt hlavních uhelných slojí v jihomoravském lignitovém revíru. 1 - dubňanská sloj v jednotném vývoji (A); 2 - dubňanská sloj lávkující (B); 3 - kyjovská sloj; 4 - přibližná linie štěpení sloje; 5 - státní hranice.

3 Postup modelování v oblasti Bzenecka

Základním modelem ložiska je tzv. geologický model, který charakterizuje geologický vývoj ložiska a stanovuje prostorové rozmístění uhelných poloh na ložisku. Na jeho základě se následně vytvářejí variantní modely podle kvality uhlí (tzv. bilancované modely), které respektují prostorové rozmístění uhelných poloh popsané geologickým modelem. Prvotním úkolem je proto vytvoření geologického modelu ložiska.

Při vytváření geologického modelu ložiska se z dat v jednotlivých průzkumných dílech uložených v ložiskové databázi identifikují a korelují geologické (genetické) uhelné i neuhelné horizonty – jednak celkově dubňanská sloj (ds), jednak jednotlivé uhelné lávky (L1, L3 a L5) a proplásky (P2 a P4). Výsledky identifikace a korelace geologických horizontů jsou spolu s průměrnými hodnotami ložiskových parametrů v těchto polohách uloženy do ložiskové databáze. Výběru poloh předchází výběr jednoznačných kvalitativních parametrů pro jednotlivé hloubkové úseky, neboť tyto údaje mohou být získávány z různých typů vzorků (segmenty, sesypy, sesypy segmentů, kontrolní analýzy apod.) a v mnoha případech jsou mnohoznačné.

Vlastní identifikaci a korelaci uhelných slojí provádí ložiskový geolog na základě svých zkušeností a představ. Jako podklady mu slouží různé grafické výstupy vytvořené na základě údajů ložiskové databáze, například petrografické profily vrtů a detaily slojí. Tyto výstupy jsou vykreslovány jedním z modulů programového systému IPSHUL08 na základě klasifikace hornin, přechodných hornin a uhlí včetně způsobu jejich grafické reprezentace tak, jak je popsal [1].

V rámci uhelných geologických horizontů byly v jednotlivých průzkumných dílech prováděny s pomocí modulu IPSHUL08 výběry bilancovaných poloh podle limitního maximálního obsahu popela A^d postupně 50 %, 40 %, 35 % a 30 % a zjištění průměrných hodnot dalších ložiskových parametrů (mocnost [m], A^d - obsah popela v bezvodém stavu paliva [%], Q_i^r - výhřevnost v původním stavu paliva (přepočtená na jednotný stav veškeré vody $W_t^r = 45$ %) [MJ.kg^{-1}], S_t^d - obsah veškeré síry v bezvodém stavu paliva [%], As^d - obsah arsenu v bezvodém stavu paliva [g.t^{-1}], Q_s^{daf} - spalné teplo hořlaviny (v bezvodém a bezpopelovém stavu paliva) [MJ.kg^{-1}], V^{daf} - obsah prchavé hořlaviny v hořlavině (v bezvodém a bezpopelovém stavu paliva) [MJ.kg^{-1}]) v těchto polohách. Výsledky výběru bilancovaných poloh jsou rovněž ukládány do ložiskové databáze. Na základě těchto údajů byly následně vytvářeny zmíněné variantní bilancované modely ložiska (dále označované postupně M50, M40, M35 a M30).

JLR lze rozdělit podle linií hlavních tektonických poruch a jiných přirozených omezení sloje do několika částí, ve kterých se dá předpokládat kvaziisogenita náhodného pole sledovaných atributů ložiska. Zpracování jak geologického modelu ložiska, tak bilancovaných modelů ložiska probíhá v programu IPSHUL08 po těchto částech, po tzv. „tektonických krách“. Jednou z nich je i oblast Bzenecka. Kromě hlavních tektonických linií, dělících ložisko do tektonických ker, se uvnitř tektonických ker vyskytují také drobnější tektonické poruchy, které jsou také důležité pro modelování prostorového průběhu báze jednotné sloje. Proces modelování báze sloje, vycházející z údajů o bázi sloje v jednotlivých vrtech, je iterační (Staněk et al. 2008), provádí se s pomocí hlavního modulu IPSHUL08 a je ukončen uživatelem po dosažení jeho představy. Výsledný grid báze sloje (hustota sítě je $20 * 20$ m) slouží následně pro vymezení bloků zásob v důsledku tektonického porušení a pro vytváření geologických řezů ložiskem (jednotlivé vrstvy – uhelné lávky a dělící proplásky - se přidávají na grid báze). Gridy všech sledovaných atributů ve všech vrstvách se vytvářejí ve stejné topologii jako grid báze sloje.

3.1 Zpracování jednotlivých vrstev

Při zpracování sledovaných atributů každé vrstvy geologického modelu (sloje jako celku, uhelné lávky nebo dělícího proplásku) i bilancovaných modelů (uhelné lávky nebo dělícího proplásku) se prvotně provede statistický rozbor vstupních údajů, především studium charakteru statistické distribuce vstupních dat.

V procesu modelování každého atributu každé vrstvy jsou z nepravidelně rozmístěných průzkumných bodů interpolovány hodnoty jednotlivých ložiskových atributů do pravidelné sítě bodů – tzv. gridu. Jelikož se jedná o lineární matematické postupy, je nezbytné, aby vstupní údaje byly rozloženy normálně. Statistickým testem dobré shody Kolmogorova – Smirnova je indikováno, pokud vstupní soubor dat nevyhovuje normální distribuci. V IPSHUL08 se provádí tzv. kvantilová (grafická) transformace vstupního souboru pomocí kumulovaných četností (empirické distribuční funkce) a distribuční funkce normovaného normálního rozdělení (dále NNR) tak, že výsledný soubor má požadované NNR, následně se provede interpolace vybranou nejvhodnější interpolační metodou a hodnoty gridu jsou pak programově zpětně transformovány.

Dalším krokem je tvorba experimentálních variogramů a nalezení vhodného teoretického modelu variogramu každého parametru jednak z původních hodnot a jednak z hodnot převedených do NNR v prostředí programu Surfer. Přitom se také zjišťuje případná anizotropie pole. Výsledky geostatistické strukturální analýzy jsou pak použity při interpolaci jednotlivých atributů uhelné sloje v průběhu vytváření modelu sloje (lávky sloje) pro tvorbu odpovídajících gridů. Systém IPSHUL08 využívá pro gridování programové objekty Grid programu Surfer. K usnadnění výběru vhodné interpolační metody se využívá modul BUMERANG07 (metoda cross validation), do něž může vstupovat až 5 různých typů teoretických modelů variogramu pro původní hodnoty a 5 různých typů teoretických modelů variogramu pro hodnoty převedené do NNR. Testování se provádí pro konečnou množinu různých interpolačních metod (inverzních vzdáleností, krigování, plochy minimální křivosti aj.), navíc každá z nich může mít variantně nastaveny parametry výpočtu. Výběr interpolační metody má značný vliv na výsledný model ložiska a tím i na množství vypočtených zásob suroviny. Vybranou metodou se automaticky vypočte grid zpracovávaného atributu (postupně všechny sledované atributy ve všech vrstvách geologického modelu i všech modelů bilancovaných) v oblasti kry (mimo vytěžené prostory a oblasti eroze), který se dále používá v procesu modelování ložiska.

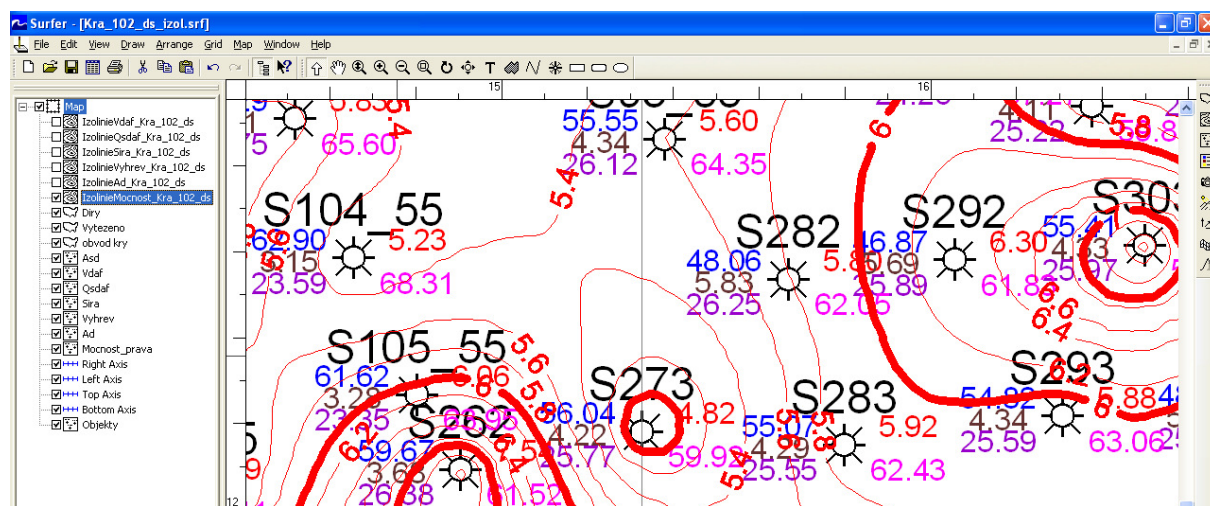
3.2 Zpracování spojených vrstev

Ve všech modelech (geologickém, M50, M40, M35 a M30) se vytvořené gridy sledovaných atributů jednotlivých vrstev (dle popisu v části 3.1.) mohou s pomocí modulu SPOJ IPSHUL08 spojovat podle mezní hodnoty obsahu popela A^d . Byly vytvořeny varianty 60 %, 50 %, 40 %, 35 % a 30 % mezní hodnoty obsahu popela A^d spojené vrstvy. Takto pro každou z nich vznikaly vrstvy:

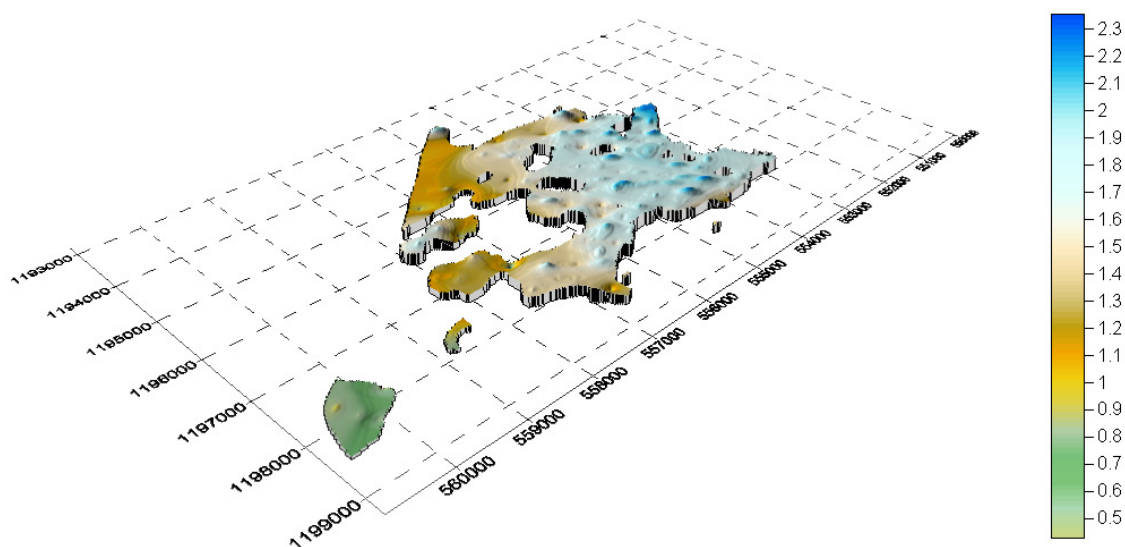
- spojená vrstva 135 (L1+P2+L3+P4+L5),
- ze zbytku bodů gridů: spojená vrstva 35 (L3+P4+L5) + samostatná vrstva 1,
- ze zbytku bodů gridů: spojená vrstva 13 (L1+P2+L3) + samostatná vrstva 5,
- ze zbytku bodů gridů: samostatné vrstvy 1, 3, 5.

Všechny takto vzniklé vrstvy byly zpracovány a vyhodnoceny samostatně.

Po vytvoření spojených gridů lze vybírat z nabídky modulu SPOJ a postupně automaticky vykreslovat izolinie všech spojených a samostatných vrstev sledovaných atributů v prostředí Surfer (obr. 2), automaticky zobrazit gridy všech spojených a samostatných vrstev jednotlivých atributů (zapínáním a vypínáním příslušných objektů v levé části okna) ve 3D v prostředí Surfer (obr. 3) a stanovit průměrné charakteristiky oblasti. Na obr. 4 jsou zobrazeny gridy mocnosti spojené vrstvy 35 bilancovaného modelu M50 pro varianty 60 %, 50 %, 40 %, 35 % a 30 %.

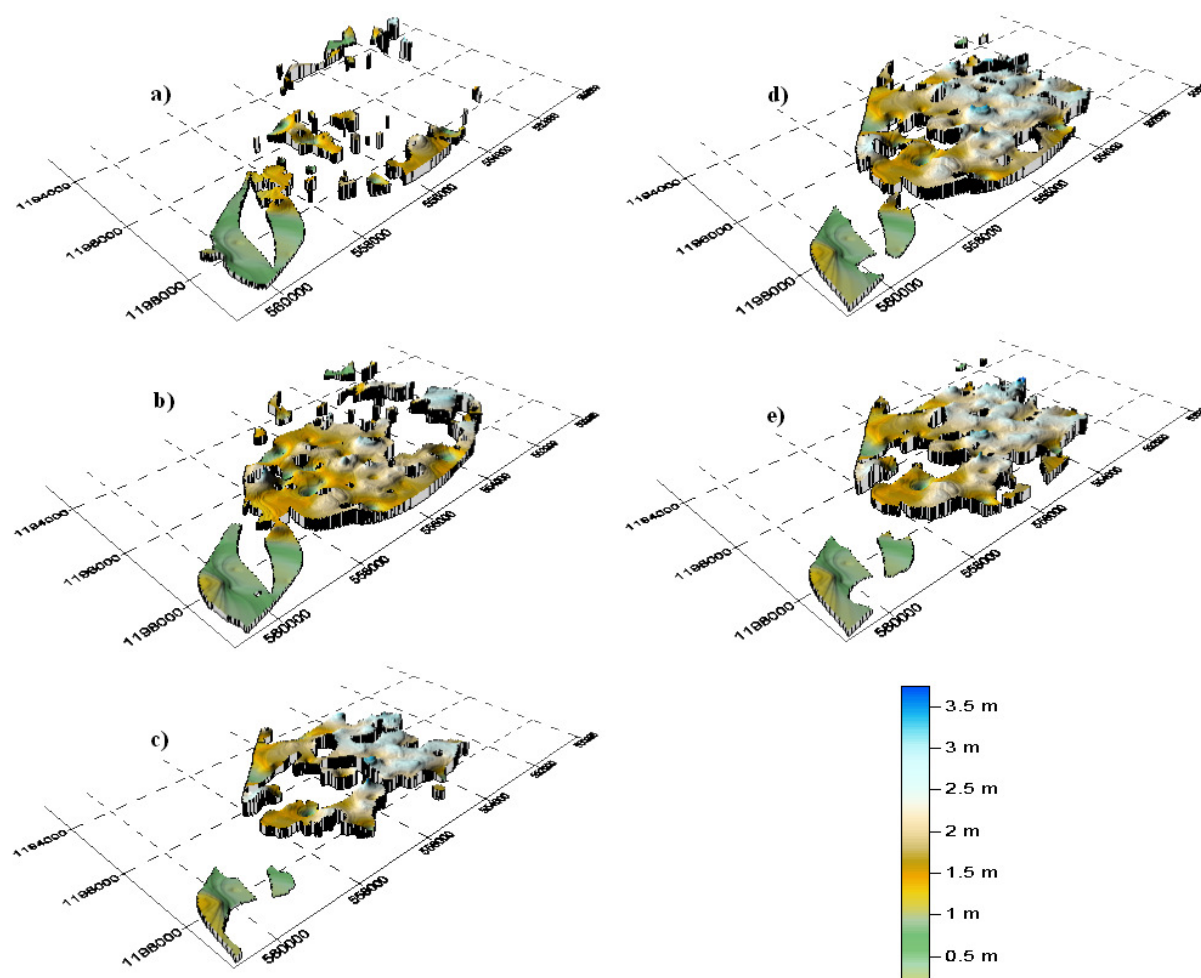


Obr. 2. Mapa izolinií jednotlivých atributů– detail izolinií mocnosti (izolinie ostatních atributů vypnuty), geologický model, spojená vrstva 135, hodnota mezního obsahu $A^d=60\%$.



Obr. 3. Zobrazení gridů jednotlivých atributů ve 3D (zapnuty objekty pro zobrazení mocnosti), bilancovaný model M30, spojená vrstva 35, hodnota mezního obsahu $A^d=30\%$.

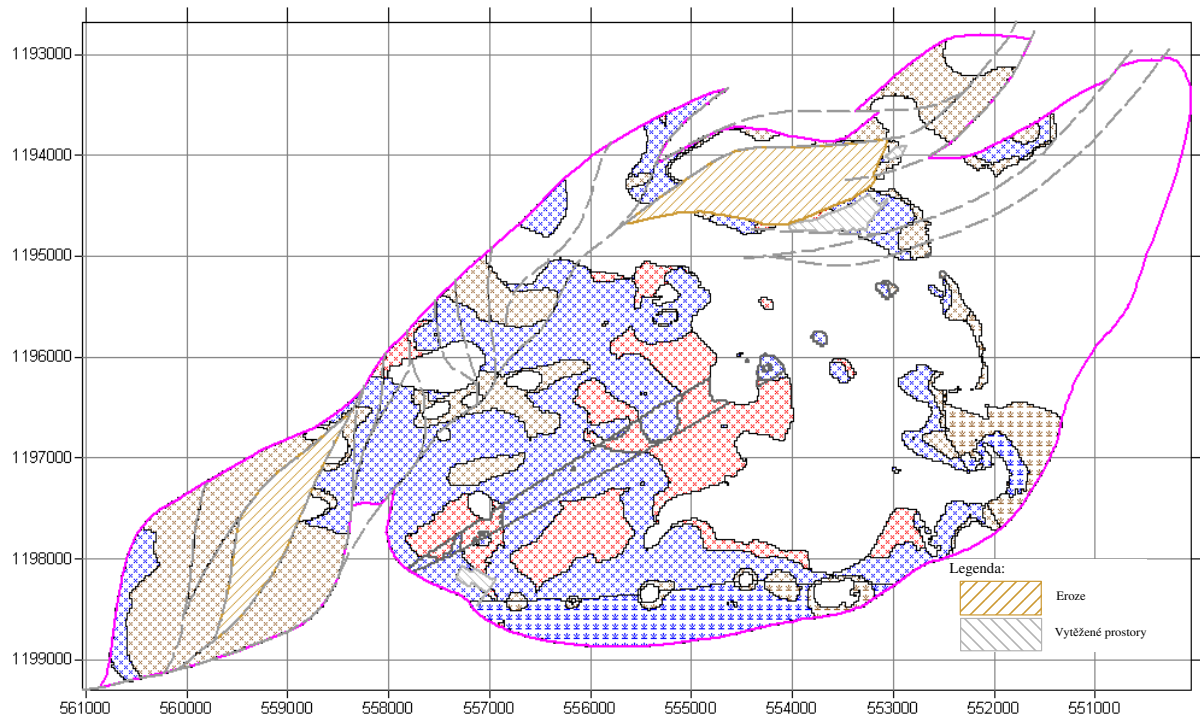
Následuje detailní výpočet zásob v blocích podle podmínek využitelnosti s respektováním tektonických poruch podle parametru modulu SPOJ. Výška skoku zlomu byla nastavena na 10 m. Parametr je možno měnit a tím dostávat různé topologické rozdělení bloků podle tektonických linií.



Obr. 4. Zobrazení gridů mocnosti spojené vrstvy 35 pro varianty 60 % (a), 50 % (b), 40 % (c), 35 % (d) a 30 % (e) mezní hodnoty obsahu popela A^d , bilancovaný model M50.

Výsledkem výpočtu každé varianty podle zadaných podmínek využitelnosti jsou odpovídající mapy zásob lignitu v jednotlivých spojených a samostatných vrstvách. Na obr. 5 je mapa zásob spojené vrstvy 35 bilancovaného modelu M40 pro jednu z variant (dále varianta A) podmínek využitelnosti (mocnost bilanční: 1.5 m; mocnost nebilanční: 1 m; obsah popela bilanční: 30 %; obsah popela nebilanční: 45 %), pro variantu hodnoty mezního obsahu $A^d=50$ %. Pro lepší přehlednost jsou vypnuty objekty s čísly bloků a jsou zvýrazněny tektonické linie (šedé přerušované křivky).

Programem pro generování výstupních sestav Vyst_sest se pro každou variantu podmínek využitelnosti, pro každou spojenou vrstvu a každou samostatnou vrstvu v prostředí MS Excel vygeneruje sedm výstupních textových sestav. V tabulce 1 je jedna z nich ve členění podle bilančnosti, vázanosti a prozkoumanosti pro spojenou vrstvu 135 geologického modelu pro variantu hodnoty mezního obsahu $A^d=50$ %. Stejným programem se také generuje sedm celkových výstupních textových sestav bez rozlišení vrstvy (jsou zde zpracovány všechny bloky všech vrstev) pro každou variantu podmínek využitelnosti.



Obr. 5. Mapa zásob lignitu pro variantu A podmínek využitelnosti, spojená vrstva 35 (objekty s čísly bloků jsou vypnuty), hodnota mezního obsahu $Ad=50\%$, bilancovaný model M40.

Tabulka 1. Přehled zásob uhlí podle bilančnosti, vázanosti a prozkoumanosti, varianta A, spojená vrstva 135, hodnota mezního obsahu $Ad=50\%$, geologický model.

Přehled zásob uhlí podle bilančnosti, vázanosti a prozkoumanosti

IPSHUL_08

Projekt GA ČR 105/06/1264

Detailní výpočet zásob ve kře Kra_102, varianta 1, vrstva 135 Datum zpracování: 21.9.2008

Druh zásob	Skupina zásob	Prozkoumanost	Počet bloků	Plocha m ²	Mocnost m	Obsah popela %	Obsah síry %	Objemová hmotnost g.cm ⁻³	Výhřevnost MJ.kg ⁻¹	Obsah arzenu g.t ⁻¹	Spalné teplo MJ.kg ⁻¹	Obsah prchavé hořlaviny %	Geologické zásoby kt
B	VO	VYH	1	2400	4.23	29.40	2.84	1.295	8.26	-	25.90	61.50	13.141
B	VO	Celkem	1	2400	4.23	29.40	2.84	1.295	8.26	-	25.90	61.50	13.141
B	Celkem	Celkem	1	2400	4.23	29.40	2.84	1.295	8.26	-	25.90	61.50	13.141
N	VO	VYH	19	2919600	5.09	41.61	3.07	1.367	6.41	-	25.78	61.92	20315.032
N	VO	PROG	2	30800	5.62	43.66	3.07	1.380	6.07	-	25.76	59.67	238.898
N	VO	Celkem	21	2950400	5.10	41.63	3.07	1.367	6.40	-	25.78	61.90	20553.930
N	VA	VYH	1	243600	5.13	41.02	3.19	1.364	6.52	-	25.85	62.35	1702.611
N	VA	Celkem	1	243600	5.13	41.02	3.19	1.364	6.52	-	25.85	62.35	1702.611
N	Celkem	Celkem	22	3194000	5.10	41.59	3.08	1.367	6.41	-	25.79	61.93	22256.541
PL	VO	VYH	32	4185200	5.06	47.57	3.02	1.405	5.53	-	25.77	62.10	29793.267
PL	VO	PROG	2	215600	5.58	48.20	3.01	1.410	5.39	-	25.75	61.30	1696.016
PL	VO	Celkem	34	4400800	5.09	47.61	3.02	1.406	5.53	-	25.77	62.06	31489.283
PL	VA	VYH	5	315600	5.37	48.36	3.12	1.411	5.46	-	25.79	62.68	2393.662
PL	VA	Celkem	5	315600	5.37	48.36	3.12	1.411	5.46	-	25.79	62.68	2393.662
PL	Celkem	Celkem	39	4716400	5.11	47.66	3.03	1.406	5.52	-	25.77	62.10	33882.945
Celkem	Celkem	Celkem	62	7912800	5.10	45.25	3.05	1.390	5.87	-	25.78	62.04	56152.627

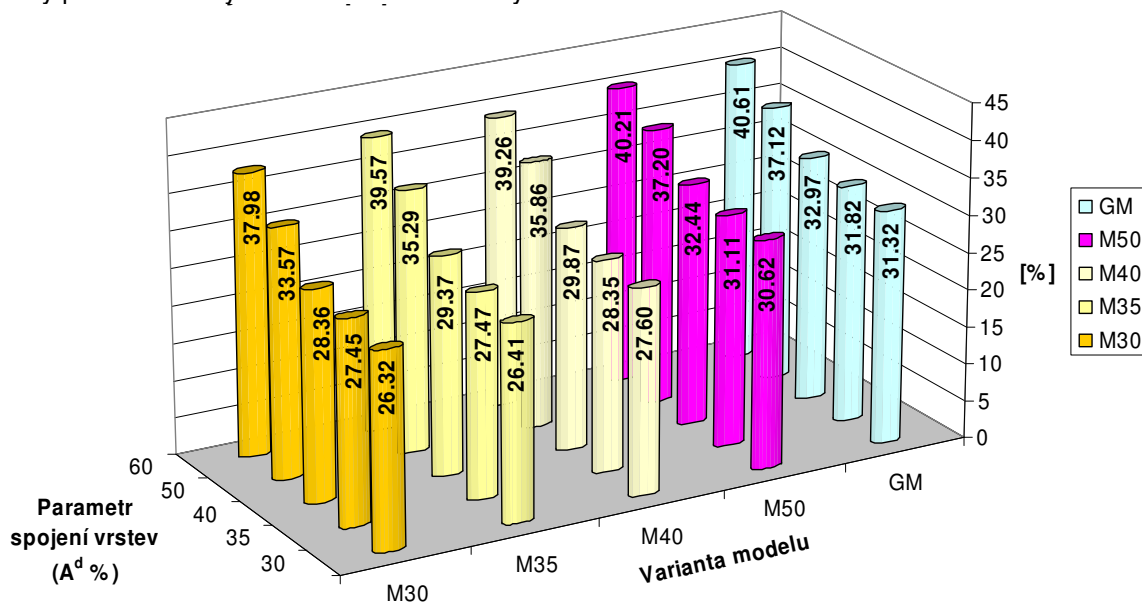
B - bilanční zásoby
PB - podmíněně bilanční zásoby
N - nebilanční zásoby
PL - podlimitní zásoby

VO - zásoby volné
VA - zásoby vázané

PROZ - prozkoumané zásoby
VYH - vyhledané zásoby
PROG - prognózní zásoby
NEZ - nazařazené zásoby

4 Vyhodnocení geologického modelu a jednotlivých bilancovaných modelů

Popsané digitální modely jihomoravského lignitového revíru umožňují komplexní hodnocení ložiska (například na obr. 6 je průměrný obsah popela celkových bilančních a nebilančních zásob lignitu jednotlivých modelů podle mezní hodnoty A^d pro spojování vrstev pro variantu A podmínek využitelnosti). Poskytují detailní obraz o ložisku a umožňují následné podrobné variantní zhodnocení ložiska. Toto metodické zázemí, přesně uzpůsobené uhelnému ložisku v jihomoravském lignitovém revíru, umožňuje co nejpřesnější zhodnocení ložiskových údajů pořízených v minulosti za nemalé náklady pro budoucí využití této cenné suroviny.



Obr. 6. Průměrný obsah popela celkových bilančních a nebilančních zásob lignitu jednotlivých modelů podle mezní hodnoty A^d pro spojování vrstev pro variantu A podmínek využitelnosti.

5 Převod prostorových dat do GIS

Možnost prezentace výsledných modelů je závislá na prostředí programu Surfer, pomocí jehož programových funkcí byl mimo jiné výpočet modelů realizován.

Jako nezbytná nutnost se zde jeví převod vytvořených modelů, včetně dat, které nám do výpočtů modelů vstupovaly, do uceleného obecně používaného prostředí, nejlépe nějakého GIS, které umožňuje provádět širokou škálu činností s těmito daty. Mezi tyto operace můžeme řadit mimo jiné možnost přehledně spravovat jednotlivé datové vrstvy, rychle se mezi nimi pohybovat, zobrazovat je s možností přesného definování jejich symbologie, doplňovat stávající data dalšími tématickými vrstvami, provádět doplňkové analýzy nad grafickou nebo atributovou složkou prostorových dat využitím široké funkcionality těchto systémů, nebo tisknout specializované mapové výstupy.

Jako vhodná alternativa GIS byl v našem případě vybrán programový balík ArcGIS od firmy ESRI.

Řešit převod datových vrstev pomocí dostupných převodních algoritmů, nebylo vzhledem ke specifické struktuře převáděných dat zcela ideální a docházelo při tom k mnoha problémům. Proto se přistoupilo, ve většině případů, k tvorbě vlastních konverzních funkcí.

Návrh automatizovaného převodu do prostředí GIS probíhal v několika krocích. V první fázi bylo nutné navrhnout a následně realizovat převod dat uložených v datových formátech programu Surfer do obecných formátů používaných v GIS. Souhrn těchto převodních funkcí je k dispozici v modulu PrevGIS výše popisovaného systému IPSHUL08.

Při převodu vypočtených modelů uložených ve formě gridů, jsou modely transformovány a ukládány do ASCII formátu, který umí většina GIS importovat. V případě používání programového balíku ArcGIS, lze pro konverzi dat využít samostatně navržených dynamických knihoven DLL. Při využití těchto funkcí je část převodu do ASCII formátu vynechána a dochází k přímému vytvoření modelu ve formátu ESRI Grid, který je v prostředí ArcGIS obecně používán.

Pro převod všech typů vektorových vrstev byly navrženy konverzní funkce převádějící tato data do běžně používaného formátu ESRI Shapefile. Jedná se o vrstvy, které slouží jako podklad pro tvorbu modelů.

Převod vektorových geoprvků můžeme rozdělit na převod vrstev tvořených pouze grafickou složkou – jedná se o vrstvy vytěžených bloků zásob, obvodového polygonu ložiska, linie definující průběh poruchových pásem aj. Před samotným převodem je nutné určit pouze typ převáděných geoprvků.

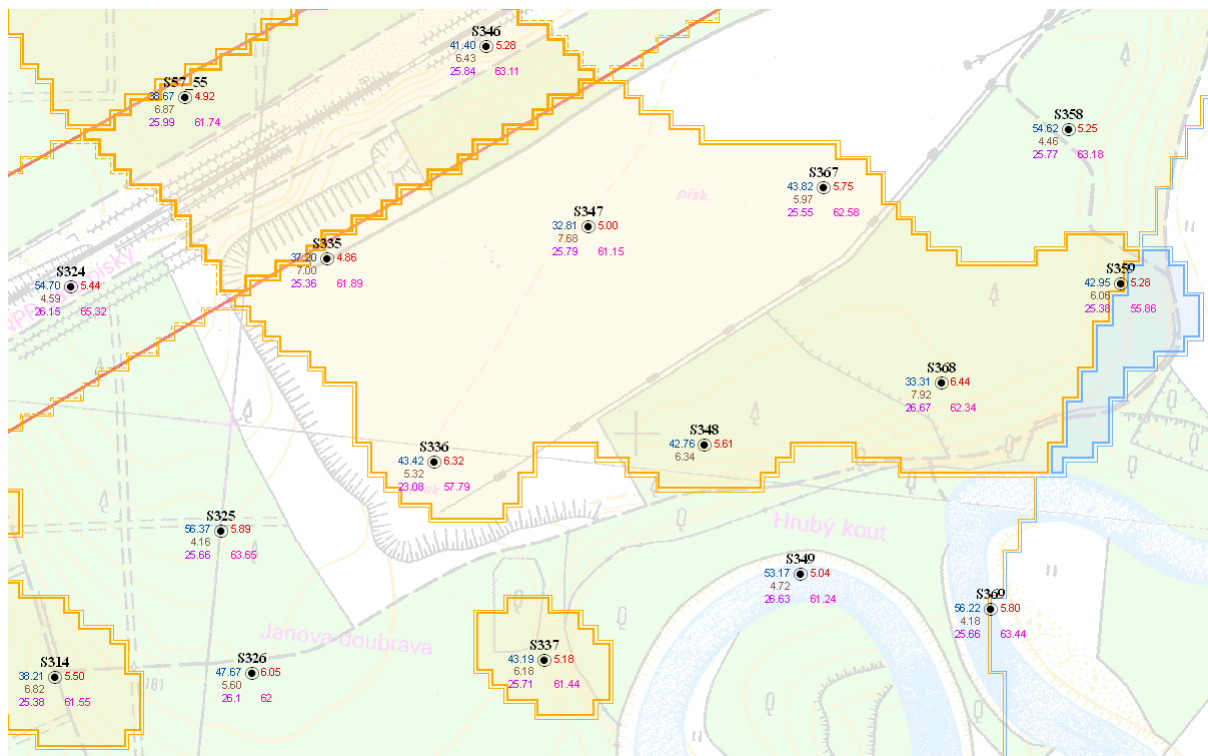
Druhým případem je převod vektorových vrstev u nichž připojujeme ke složce grafické složku atributovou. Doplňující atributy geoprvků jsou k dispozici v textových sestavách formátu MS Excel. Zde se jedná o převod dat týkajících se jednotlivých průzkumných vrtů nebo převod vypočtených bloků zásob. Pro každý typ převáděných datových vrstev musí být v tomto případě definována vlastní převodní funkce.

Pro konverzi izolinií bilancované mocnosti a jiných technologických parametrů není nutné definovat vlastní převodní funkce, neboť většina GIS umožňuje, na základě převedených gridů, vytvářet tyto izoliny přímo ve svém prostředí. V prostředí ArcGIS je k tomuto účelu využita funkce Contour rozšiřujícího modulu 3D Analyst. Výsledné izoliny jsou opět ukládány v běžně používaném datovém formátu Shapefile.

Převodní algoritmy byly naprogramovány pomocí jazyka Visual Basic, programových komponent ESRI MapObjects a programových objektů implementovaných v programech Surfer, MS Excel a ArcGIS.

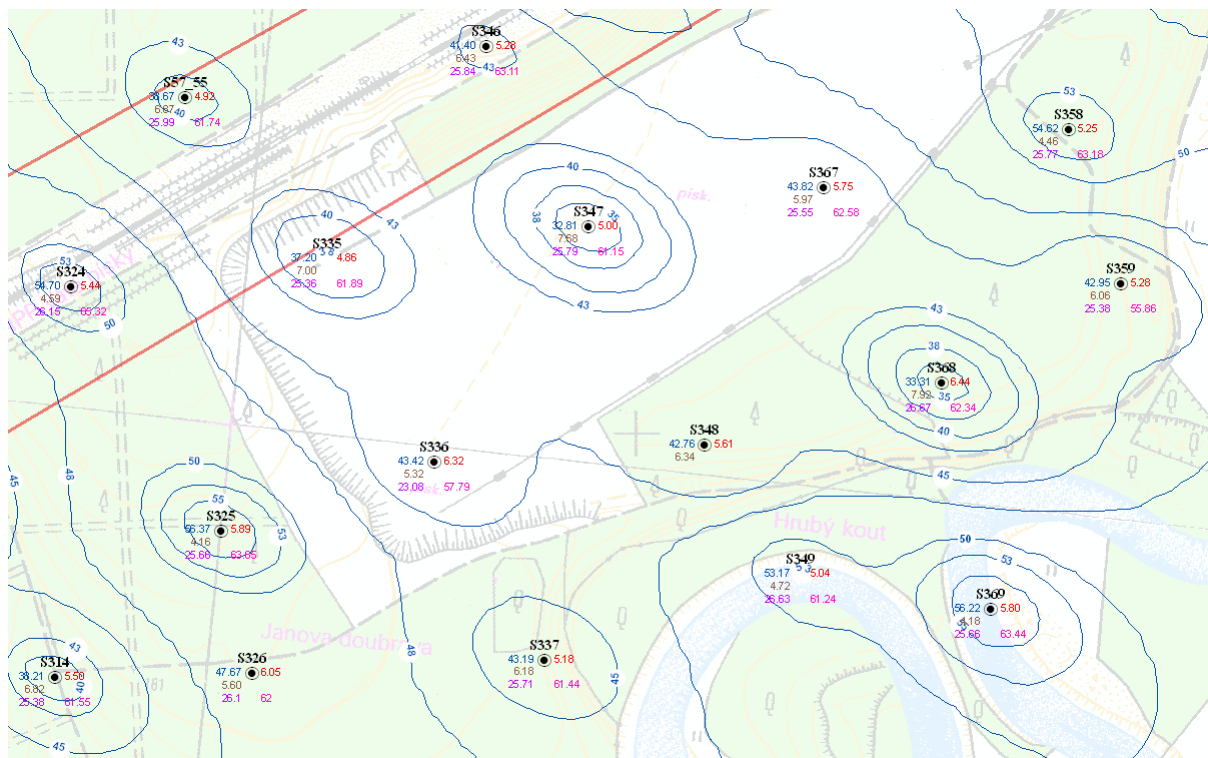
6 Vizualizace prostorových dat

Pro vykreslení jednotlivých vrstev v prostředí ArcGIS byl vytvořen obecný projekt, ve kterém jsou již nadefinovány údaje týkající se např. místa uložení jednotlivých datových vrstev opakujících se v každém projektu, symbologie použitá pro jejich vykreslení nebo informace použitého souřadnicového systému a jednotek. Tento obecný projekt je uložen ve složce s pevně danou adresářovou strukturou. Pro správné vykreslení požadovaných vrstev je nutné doplnit tyto předdefinované adresáře soubory s odpovídajícím obsahem a názvy. Mimo vrstev vyskytujících se v každém projektu (bloky zásob, vytěžené části ložiska, vrtů aj.) můžeme projekt samozřejmě ručně doplnit i o další požadované datové vrstvy (mapový podklad, různé tematické vrstvy aj.).



Obr. 7. Ukázka Mapy zásob (výřez)

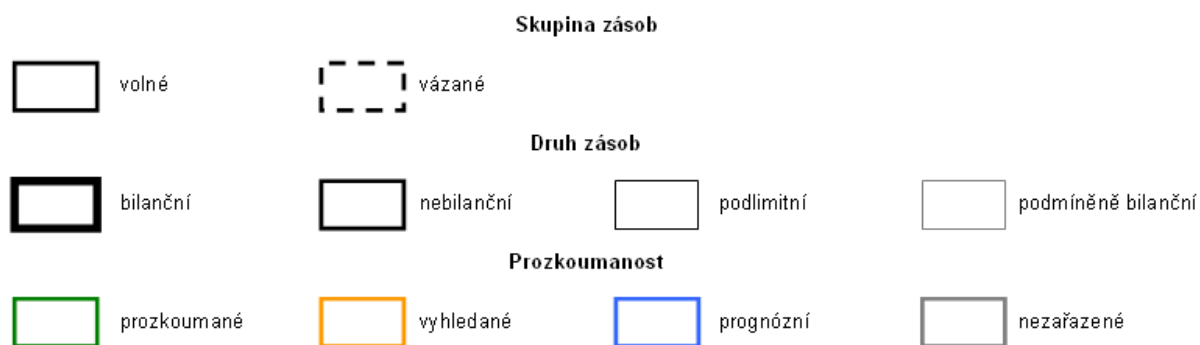
V rámci výše popsaného obecného projektu je vytvořeno několik šablon v různých rozměrech, určených k tvorbě mapových kompozic. Příkladem může být šablona Mapy zásob (ukázka viz obr. 7) nebo Mapy bilancované mocnosti případně jiných technologických parametrů (ukázka viz obr. 8). Mapové kompozice jsou tvořeny odpovídajícími datovými vrstvami umístěnými většinou nad rastrovým podkladem (polohopis, letecký snímek), doplněné o klasické náležitosti výstupních mapových sestav – legenda, šiték, měřítko, souřadnicový rámeček.



Obr. 8. Ukázka Mapy izolinií obsahu popela A^d (výřez)

Jako podklad pro návrh symbologie jednotlivých datových vrstev a pro koncept výsledných mapových sestav sloužila klasická papírová geologická dokumentace. Jejím používanému značení, rozmístění mapových prvků a celkovému vzhledu by se měly navrhované výstupy přibližovat. Velký důraz je při tvorbě kladen na čitelnost výsledných map.

Symbologie zobrazovaných vrstev by měla korespondovat s běžně používaným značením, vycházejícím z platných právních předpisů [4], případně by se tomuto značení měla do značné míry přibližovat. Specifická situace nastala u členění bloků zásob. Některé používané kategorie jsou z právního hlediska neexistující viz [4], ale z hlediska úplnosti jsou zde zařazeny. Bloky zásob jsou rozlišeny stylem linie, podle řazení do skupin zásob, tloušťkou linie, podle druhu zásob a barvou, dle prozkoumanosti (viz obr. 9).



Obr. 9. Značky, jejichž kombinací vzniká symbologie používaná při zobrazování bloků zásob

7 Závěr

V příspěvku jsou popsány možnosti převodu výstupních dat Programového systému pro tvorbu modelu uhelného ložiska a jeho následného hodnocení, tj. gridů, vektorových geoprvků a jejich atributů, a dále dat, které do tohoto systému vstupovaly, do univerzálních datových formátů, vhodných pro další zpracování. Grafické výstupy vytvořené na základě modelování v IPSHUL jsou úzce spjaty s prostředím, ve kterém byly vytvářeny, konkrétně s prostředím programu Surfer. Jako vhodná alternativa se jevil převod těchto dat do prostředí GIS, resp. do datových formátů, které GIS běžně využívají. GIS nabízí možnost provádět širokou škálu činností s těmito daty a jsou obzvlášť vhodné pro jejich vizualizaci a návrh a tisk specializovaných mapových výstupů. Využitím dostupných funkcí lze vytvářet různé druhy mapových kompozic, odpovídajících požadavkům na klasickou geologickou dokumentaci. Praktická ukázka mapových výstupů byla realizována pro oblast dubňanské sloje rohatecko – bzenecko – strážnické části Jihomoravského lignitového revíru.

Tento článek byl vypracován za finanční podpory Grantové agentury České republiky v rámci projektu č. 105/06/1264.

Reference

1. 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.
2. Staněk, F., Honěk, J., Hoňková, K.: *Jihomoravský lignitový revír a postup tvorby jeho digitálního modelu*. In Acta Montanistica Slovaca, 12 (2007), 3, Košice, 2007, p. 255 – 264. <http://actamont.tuke.sk/pdf/2007/n3/14stanek.pdf>
3. Staněk, F., Jelínek, J., Honěk, J., Hoňková, K.: *Modelling of The Dubňany Lignite Seam Base in The Moravian Central Depression (The Czech Part of The Vienna Basin)*. In GeoScience Engineering, Volume LIV (2008), No.3 ,s. 14-25.
4. Zákon 44/1988 Sb. o ochraně a využití nerostného bohatství (Horní zákon), resp. novela 541/1991 Sb.