

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká fakulta
Katedra Geologie a paleontologie

Uhelně petrografická a technologická charakteristika
vybraných uhelných slojí



Diplomová práce

Orak Maralbayev

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Stanislav Opluštil, Ph.D.
Konzultant diplomové práce: Ing. Ivana Sýkorová, DrSc.

Praha 2013

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat svému školiteli doc. RNDr. Stanislavu Opluštilovi Ph.D. za jeho pomoc a čas, který mi věnoval, při vypracovávání této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat pani Ing Ivaně Sýkorové, DrSc. za zajištění a odborné vedení mé experimentální práce.

Prohlašuji, tato práce byla vypracována samostatně, jen s použitím citované literatury, a pod vedením příslušného vedoucího diplomové práce a konzultanta.

V Praze dne 12 srpna 2013

Orak Maralbayev

Obsah	
1. Úvod	4
2. Historie průzkumu a těžby v pánvi karagandské a ekibastuzské	5
2.1. Ekibastuzská pánev	7
2.1.1. Stratigrafie	7
2.1.2. Strukturní stavba pánve Ekibastuz	10
2.1.3. Uhlonosné sedimenty	14
2.1.4. Skupinové dělení ložisek podle složitosti	16
2.1.5. Kvalita uhlí	16
2.1.6. Značka uhlí	20
2.1.7. Doprovodné suroviny	20
2.2. Karagandská uhelná pánev	21
2.2.1. Geologie saranského pole	23
2.2.2. Strukturní stavba saranského pole	28
2.2.3. Uhlonosnost	29
2.2.4. Kvalita uhlí	31
2.2.5. Základy petrografie uhlí	31
3. Metodika	33
3.1. Terénní práce	33
3.2. Laboratorní práce	36
3.2.1. Úprava vzorků uhlí	36
3.2.2. Příprava uhelných nábrusů	37
3.2.3. Metodika mikropetrografických měření	38
4. Výsledky	40
4.1. Stanovení světelné odraznosti	40
4.2. Macerálové složení vzorků	40
4.2.1. Karagandská pánev – saranské pole	41
4.2.1.1. Sloj K ₁₀ (vzorek 12/399)	41
4.2.1.2. Sloj K ₁₂ (vzorek 12/400)	43
4.2.1.3. Sloj K ₁₈ (vzorek 12/401)	44
4.2.2. Ekibastuzské pánev – lom „Bogatyr“	45
4.2.2.1. Sloj 1 (vzorek 12/402)	45
4.2.2.2. Sloj 2 (vzorek 12/403)	46

4.2.2.3. Sloj 3 (vzorky 12/404 až 12/411)	47
4.2. Elementární analýza	54
5. Diskuze	55
6. Závěr	59
7. Seznam literatury a pramenů	60

1. Úvod

Diplomová práce na téma „Petrografické a technologické charakteristiky uhlí z pánve ekibastuzské (lom Bogatyr) a karagandské mi byla zadána v roce 2012 katedrou paleontologie a geologie a po dohodě s Ústavem struktury a mechaniky hornin AVČR v Praze.

Úkolem bylo provést na základě výsledků macerátového rozboru a chemicko-technologických analýz hodnocení uhlí studovaných pánví. Přítomnost různých skupin macerátů, jakožto základní stavební prvky uhelné hmoty, a také míra jejich četnosti, jsou důležitým zdrojem informací o kvalitě uhlí a stavbě uhelných sloj.

Problematice geologické stavby Kazachstánu je v současnosti věnována poměrně malá pozornost a proto i o pánvi karagandské a ekibastuzské existují pouze starší publikace. Většina geologické aktivity je zaměřena na hornický průzkum ložisek k zajištění potřebných informací o rozložení a kvalitě uhelných zásob. Tato data však zůstávají v soukromých archivech těžebních společností. Cílem této diplomové práce je podat přehled o geologii těchto důležitých uhelných pánví a o kvalitě a petrografickém složení těženého uhlí na základě petrologické a palivářské analýzy sady odebraných uhelných vzorků.

První část diplomové práce stručně pojednává o geologii studovaných pánví, Karaganda a ekibastuz. Je popsány geologické stavby ložisek s důrazem na uhlonosnou část pánevní výplně.

Ve druhé části diplomové práce je podán přehled stupně prouhelnění, petrografického složení a základních chemických a technologických parametrů studovaných uhelných vzorků. Diskutována je možnost využití uhlí obou uhelných ložisek a prostředí jejich vzniku.

Na tomto místě chtěl bych poděkovat Doc. RNDr. S. Opluštilovi, Ph.D. za vedení práce, cenné rady a připomínky k diplomové práci a Ing. I. Sýkorové, Dr.Sc. děkuji za uvedení do dané problematiky a za ochotnou pomoc při zpracování výsledků a za poskytnutí technického a přístrojového zázemí a cenné konzultace, bez kterých by realizace tohoto diplomového projektu nebyla možná. V neposlední řadě upřímně děkuji Oddělení geochemie v Ústavu struktury a mechaniky hornin AVČR v Praze, zejména panu Šultcovi pomoc a metodické pokyny při fotodokumentaci a makropetrografickému popisu vzorků a při úpravě vzorků a zhotovení nábrusů.

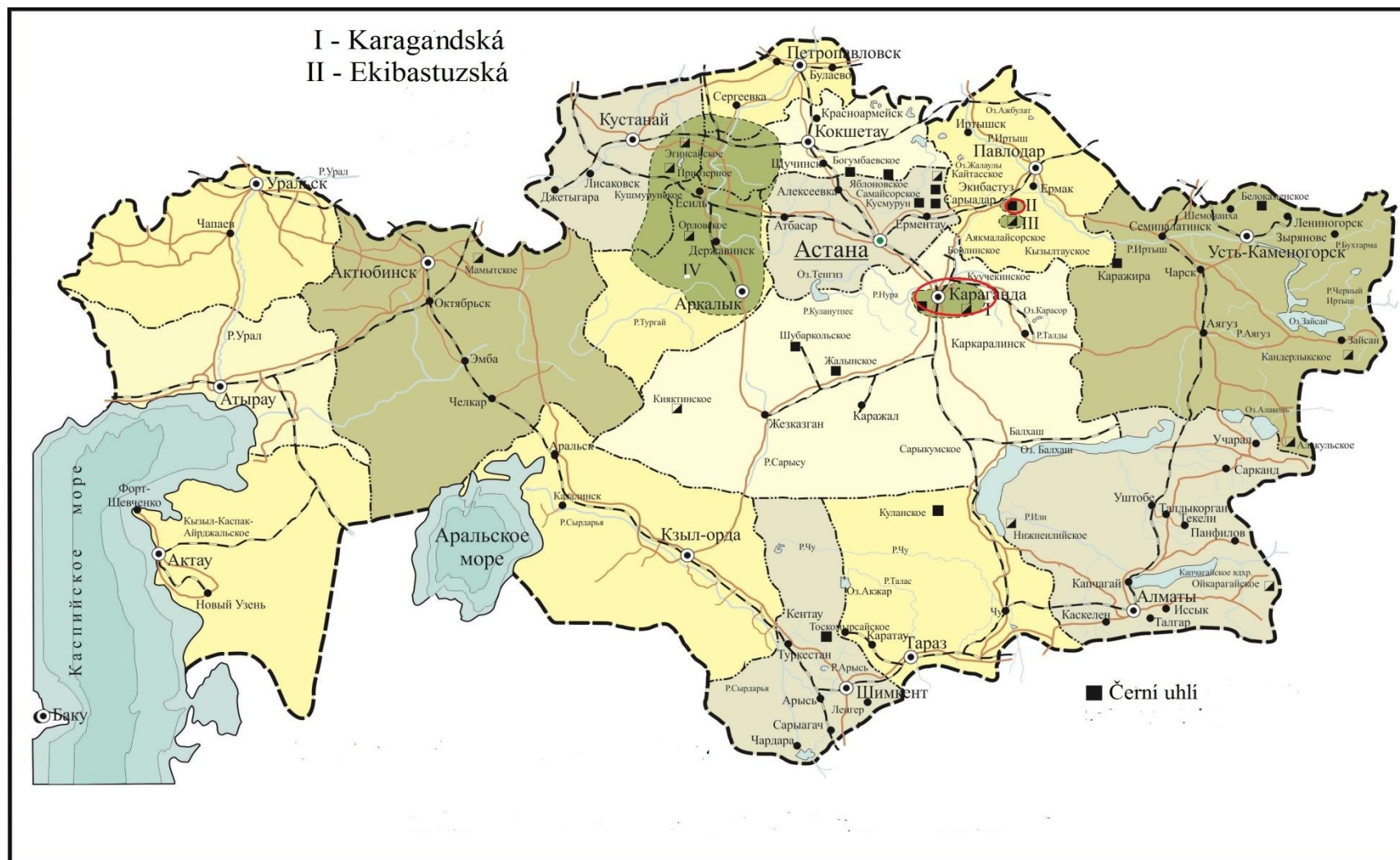
2. Historie průzkumu a těžby v pánvi karagandské a ekibastuzské

V současné době je v Kazachstánu evidováno kolem 300 ložisek černého a hnědého uhlí. Geologické zásoby hlavních uhelných pánví státu jsou odhadovány na 190 mld., tun (Beljakov et al., 1992).

Hlavní uhelné suroviny Kazachstánu jsou soustředěny ve 23 pánvích (Obr.1). Mezi nimi jsou největší karbonské pánve karagandská (51,3 mld., tun) a ekibastuzská (10,1 mld., tun) (Beljakov et al., 1992).

Do karagandské pánve v roce 1920 „Geologický Výbor Nejvyšší hospodářské rady,“ vyslal skupinu odborníků pod vedením významného geologa, profesora Gapeeva provádět geologický průzkum. Ti v roce 1929 založili v Karagandě společnost "Kazahstroyugol", jejímž úkolem byla výstavba a provoz dolů v uhelné pánve. V roce 1930 - 1931 byly otevřeny první doly. Průzkum pokračoval, i v období války 1941-1945 a poválečné období. V roce 1954 bylo provedeno kompletní geologické a komerční zhodnocení pánve (Bekman et al., 1972).

Ekibastuzská pánev byla objevena již v roce 1876 a uhlí se zde začalo těžit od roku 1898. Nicméně, období systematického průzkumu pánve spadá do let 1940-1985. V současné době je uhlonosná část pánevní výplně, prozkoumána v celé mocnosti, ale bilanční zásoby v lomech jsou spočítány pouze do horizontu -200 m.p.m (Statní standarty od 02. 11. 2001). Stav a zásoby uhlí pánve byly opakovaně přehodnocovány v letech 1941, 1952, 1954, 1957, 1960, 1968, 1979, 1981-1985., 2001 a 2003 podle sovětských a kazašských norem a předpisů. Plánovaný průmyslový rozvoj pánve se začal v roce 1948 v severozápadní části, kde byl založen lom "Irtysch „ № 1. Projektovaná kapacita těžby byla 3 000 000. tun bylo dosaženo v roce 1954. V roce 1960 se po otevření revírů č. 2 a 3 těžba uhlí zvýšila na 6 000 000 tun, a v roce 1966 dále až na 13 000 000 tun. Lom „Bogatyr“ byl uveden do provozu v roce 1979. Roční těžba v lomu se pohybuje kolem 50 milionů tun (revíry 5, 6, 9 a 10 obr. 2.2 Revuckaja et al., 2010). Po rozdělení a převodu části zásob revírů 9, 10 do lomu "Severní" v roce 2001 poklesla roční těžba v lomu "Bogatyr" na 25 mil. tun. V lomu "Severní" (revíry 9, 10) se dnes těží kolem 10 mil a v revírech 1 až 4 celkem 8 milionů tun ročně (Revuckaja et al., ,2010).



Obr.1 Uhelné pánve Kazachstánu.

2.1 Ekibastuzská pánev

2.1.1. Stratigrafie

V její sedimentární výplni jsou zastoupeny sedimenty středního a svrchního devonu, a zejména pak mississippu, a pouze z malé části uloženy nejstaršího pennsylvanu. Mocnost výplně pánve dosahuje 1700 až 2100 m (Belik et al., 1992) a je rozdělena do následujících souvrství:

Žarsorské vrstvy (sp. devon) představují - vulkanosedimentární komplex v podloží uhlonosné části pánevní výplně, tvořený střídáním hrubozrnných kontinentálních klastik (slepence, pískovce) s intermediárními až bazickými vulkanity (porfyrity). Podstatná část tohoto souvrství je vyvinuta na jihu pánve.

Sirníkové vrstvy (svr. devon) mají transgresní charakter, a tvoří je střídání vrstev pískovců, jílovců, prachovců přecházející výše do mocných poloh vápenců a břidlic. Mocnost je 330m.

Sedimenty mississippu spočívají bez viditelného přerušení sedimentace na sedimentech famenu a obsahují hlavní uhelné bohatství pánve..

Uhlonosná část výplně pánve ekibastuzské dosahuje mocnosti 325 m a dělí se do pěti následujících souvrství (obr. 2) označovaných ve stratigrafickém pořadí jako souvrství: akkuduské, ašlarské, ekibastuzské, karabidaikské, a akbidaikské (Revuckaja et al., 2010).

Akkuduské souvrství (C_{1ak}, sp. visé) se vyvíjí z podložních sedimentů po prerušení sedimentace. Ve spodní části souvrství převažují sedimenty lagun, zastoupené tmavě šedými prachovými jílovcí a vápnitými prachovci s nehojnými zuhelnatělými zbytky rostlin. V podloží se v profilu vyskytují vrstvičky tmavošedých a slabě vápnitých tufitů.

Ve střední části souvrství převládají tmavošedé až zelenošedé jemno- a střednozrnné dobře vytríděné pískovce facie submarinních koryt. Pískovce mají většinou vápnitý tmel a obsahují vzácné špatně zachované zuhelnatělé zbytky rostlin.

V svrchní části profilu převažují příbřežní sedimenty, zastoupené tence vrstevnatými zelenošedými jemnozrnnými pískovcovými a tmavošedými prachovci, místy až střednozrnnými pískovci s dobře opracovanými valouny sedimentárních hornin. Mocnost souvrství se pohybuje kolem 200 m.

Ašlarské souvrství (C_{1aš} visé) se vyvíjí bez přerušení sedimentace z podložního akkuduského souvrství. Podle litologického vývoje a rozmístění fauny se dělí na tři

podsovrství (Termín „podsovrství“ je používán v Kazachstánu pro označení jednotky hierarchicky ležící mezi sovrstvím a vrstvami). Celková mocnost sovrství činí asi 570 m.

Ve spodním podsovrství, mocném asi 200 m, převažují jemnozrné pískovce.

Střední podsovrství o mocnosti 170 m je složeno převážně z tmavo-šedých prachovců a jílovců. Na bázi středního podsovrství spočívá asi 20 m mocný komplex vápenců.

Ve svrchním podsovrství převažují tmavošedé až šedé jílovce střídající se s polohami šedých jemnozrných pískovců. Na bázi svrchního podsovrství spočívá mocný horizont modrošedých jemnozrných pískovců.

K svrchnímu podsovrství jsou zařazovány vrstvičky uhelných hornin a uhlí, které tvoří uhelné sloje č. 5 a 6, jejichž odlehlost se pochybuje mezi 30 a 50 m. Stavba slojí je složitá. Převládá v nich uhlí o zvýšené popelnatosti. Mocnost svrchního podsovrství je 200 m.

Ekibastuzské sovrství ($C_1 v_{3+s} ek$) spočívá konkordantně na ašlarském sovrství. Na bázi sovrství je vyvinuta lavice středno,- až hrubozrných pískovců. Svrchní hranice sovrství leží v úrovni vůdčího horizontu popelových tufů v nadloží uhelné sloje č. 1.

Pro spodní část sovrství je charakteristický fluviální vývoj v rozsahu celé pánve. Zastoupeny jsou světlešedé středno,- a hrubozrné slepence, s ojedinělými vložkami jemnozrných pískovců. V rámci tohoto vývoje jsou zastoupeny i polohy hrubozrného pískovce s valouny sopečných a křemitých hornin.

V střední části ekibastuzského sovrství je uložena sloj č. 4. Její mocnost je v ploše ložiska nestálá a kolísá od 5-10 m. Nejmenší je v jz. části pánve, kde jsou v některých místech části uhelné sloje místy nahrazeny uhelnatými horninami.

Ve svrchní polovině ekibastuzského sovrství leží co do mocnosti unikátní a strukturními poměry složitý uhlonosný horizont, tvořící základní průmyslové bohatství celé pánve. Celková mocnost horizontu kolísá od 130 do 210 m, střední těžitelná mocnost je 148-171 m. Horizont tvoří sloje č. 1, 2 a 3, oddělené proplásky uhelnatých jílovců a jílovců. V nadloží sloje č. 1 leží 5-7,5 m mocný horizont hořlavých břidlic. Celková mocnost sovrství činí 325-450 m.

Karabidaikské sovrství ($C_2 krb$ baškir) spočívá konkordantně na ekibastuzském sovrství, spodní hranice leží v horizontu popelových tufů, a svrchní v podloží uhelné sloje XII. Mocnost sovrství je 170 až 300 m.

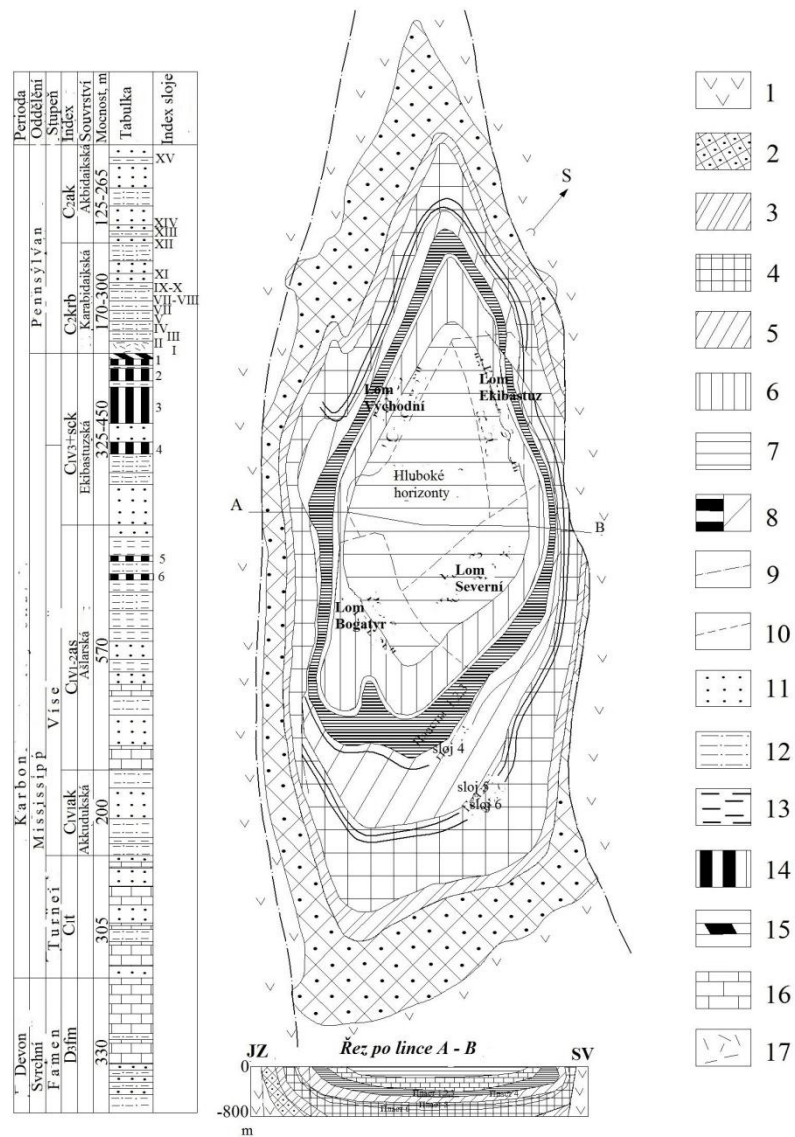
V sovrství převažují jezerní sedimenty tvořené především, tmavě-šedými nevrstevnatými jílovcí a prachovci facii stojatých jezer, vyvinuté většinou v spodní půlce profilu.

Sovrství obsahuje až deset nepřilíš mocných uhelných slojí. Jejich mocnost je

nepravidelná a celkově mají jen malý ekonomický význam.

Akbidaikské souvrství (C_{2ak} gžel) leží konkordantně na karabidaikském souvrství.

Geologická mapa Ekibastuzské pánve



Geologická mapa Ekibastuzské pánve.. 1-Před famenské uložení. 2-famenské a turneiské stupně. 3-7 – uhlonosná mocnost karbonu: 3-akkudukská souvrství (C_{1ak}). 4-ašlarská souvrství (C_{1aš}). 5-ekibastuzská souvrství (C_{1ek}). 6-karabidaikské souvrství (C_{2krb}). 7-akbidaikské souvrství (C_{2ak}). 8-výstupy uhelných slojí: zobrazované v měřítku (A), mimo měřítku (B). 9-zlomové poruchy. 10-hranice uhelných lomů. 11-17 označení v stratigrafickém sloupku: 11-pískovci. 12- prachovce. 13- jílovci. 14- uhel. 15- horlavé břidlice. 16 – vápenci. 17-popelnatý tufy.

Obr.2. Geologická mapa s vyznačením pozice lomů a stratigrafická škála ekibastuzské pánve (Revuckaja et al., 2010).

Charakteristickým znakem souvrství je výrazná převaha aluviálních sedimentů, především ve

spodní polovině jednotky. Ve spodní části souvrství převažují polohy šedých a zeleno-šedých prachovců a jílovců s tenkou horizontální vrstevnatostí, podmíněnou střídáním vrstviček různého granulometrického složení. Mezi nimi se nachází obvykle tenké polohy zeleno-šedých, jemno až hrubozrnných pískovců s horizontální vrstevnatostí, zvýrazněnou rostlinným detritem. Tyto sedimenty byly pravděpodobně ukládány v prostředí mělkého jezeře v oblasti ovlivněné silným přínosem klastického materiálu redistribuovaného prouděním. Výše převládají aluviální uloženiny reprezentující šedé a zeleno-šedé jemno- až hrubozrnné pískovce s šikmým zvrstvením, zvýrazněným rostlinným detritem.

V nejvyšších horizontech akbidaiského souvrství jsou uloženy šedé a zeleno-šedé jílovce a prachovce s občasou výraznou horizontální vrstevnatostí.

V profilu souvrství bývají vyvinuty čtyři nepřilíš mocné uhelné sloje (XII-XV). Akbidaiské souvrství je datováno do staršího pennsylvanu. Mocnost souvrství je 75 až 260 m.

Karbonské sedimenty ekibastuzské pánve jsou nesouvisle překryty paleogenními pестrobarevnými jíly a jemnozrnnými bílými křemennými pískovci. Mocnost paleogenních sedimentů se pohybuje v rozmezí od 0 do 12 m, průměrně od 5 do 6 m.

Kvartérní sedimenty jsou rozšířeny skoro všude, avšak v malých mocnostech nejčastěji okolo 2 m. Převládají jezerní a diluviálně – proluviální sedimenty zastoupené jílem, místy s písčitou příměsí jílovitými písky, občas s proplásky hrubozrnného písku a štěrku (Belik et al.,1992 Revuckaja et al.,2010).

2.1.2. Strukturní stavba pánve Ekibastuz

Ekibastuzská pánev tvoří synklinálu protaženou sz.-jv. směrem omezenou podél obou okrajů výraznými poklesovými zlomy. Je tak kombinací synklinály a příkopové propadliny. Délka celé struktury dosahuje asi 24 km, a při maximálně šířce 8,5km pokrývá plochu 155 km². Asi polovinu z této rozlohy pokrývají uhlonosné sedimenty (77 km²).

V místě tektonicky omezeného jz. a sv. okraje brachysynklinály narůstá úhel sklonu sedimentů na hodnoty 60-90⁰ a místy dochází až k překocení vrstev. Sloj č. 3 je při okraji omezena velkým počtem zlomových poruch. Naopak jihovýchodní a severozápadní okraj pánve je charakterizován mírným a pravidelným sklonem vrstev (5-20⁰).

Zlomy při okraji pánve mají charakter poklesů s amplitudou 10-20 m, narůstající místy až na 50-80 m.

Detailní představu o stavbě polí lomů dává mapa výchozu (příloha 1 a obr. 3 kolektiv

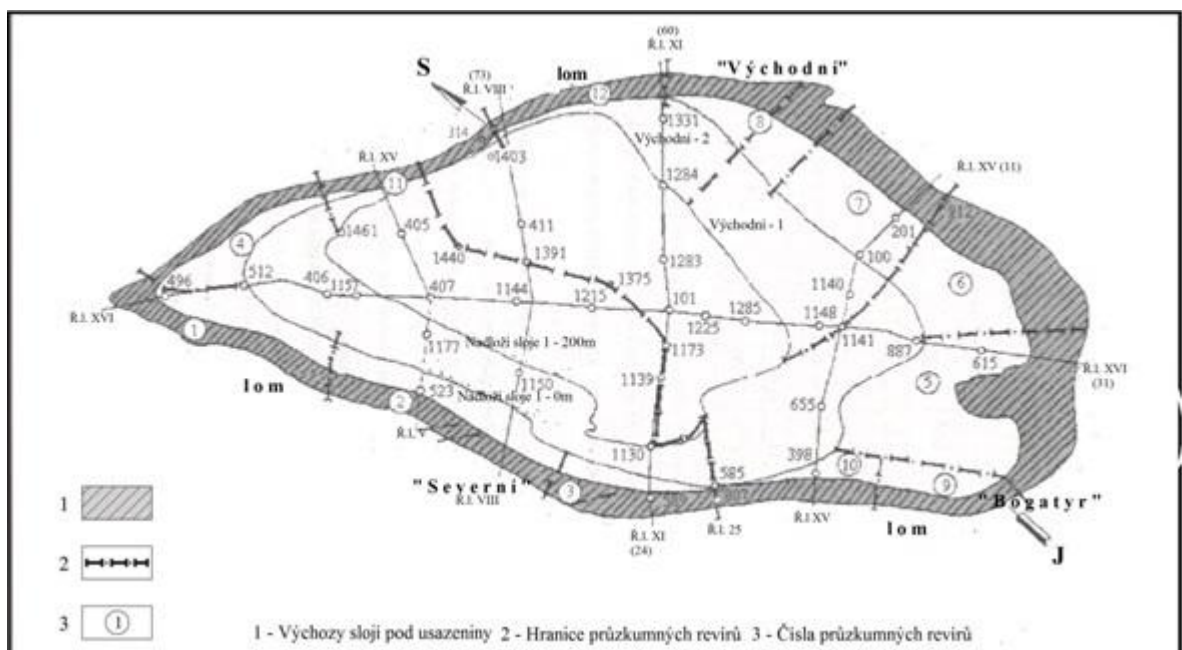
Revuckaja et al., 2010). V lomu „Bogatyř“, který leží při jz. okraji pánve, je všeobecný úklon slojí směrem na sever a severovýchod, do centrální části pánve. V revírech 5,6 (obr. 3) jsou uhlonosné sedimenty pravidelně uloženy. Zde se sklon sedimentů pohybuje v rozmezí 5-14° ve slojích č. 1 a 2 a do 10-20° v podloží sloje č. 3 a to jak při výchozu, tak i na horizontu ±0m. n.m. (B.p.v.). Směrem do hloubky se v ose vrásky sklon 3 sloje snižuje na 5-10°.

Směr sklonu uhlonosných vrstev je orientován paralelně s dlouhou osou ekibastuzské vrásky. Nadloží sloje č. 1 zde zapadá pod úhlem 9° v severozápadním směru. Východní křídlo má sklon 17°, směrem na západ je jeho sklon mírnější (11°). Za plošinou se subhorizontálním uložením (0,5x1,0 km) přechází opět do strmého úklonu poblíž okraje revíru 9. V revírech 5, 6 je sedm malých zlomů, rozšířených hlavně v slojích č. 3 a 4 s amplitudy posunů slojí 5-30 m (Belik et.al, 1992).

Tektonická stavba revírů 9 a 10 (obr. 3) se podstatně odlišuje od revírů 5 a 6 svým strmým (70-80°) uložením uhlonosných uloženin v intervalu sloje č. 3, a také menšími uhlý sklonu (35-55°) směrem k nadloží sloje č. I.

Směrem k hlubokým horizontům revírů 5, 6, 9 a 10 se úklon uloženin začíná postupně zmírňovat na hodnoty 5-10°.

Z hornických prací a průzkumných vrtů v posuzovaném revíru vyplývá existence velmi malých zlomů s amplitudami přesunu do 3-5m. Důkazem pro jejich přítomnost jsou zlomové plochy s tektonickými ohlasy (zrcadly) v uhlí, hlavně okrajových částech revírů 9 a 10. Šířka tektonicky postižených zón se pohybuje o 3-5m, místy i více.



Obr. 3. Schéma otevření ekibastuzské pánve (Revuckaja et al., 2010).

V tabulce 1 (Revuckaja et al. 2010) je uvedena charakteristika uložení v severovýchodní, centrální a jižní části lomu. V severovýchodní části, na vzdálenost 2 km (revír 4) od výchozu do horizontu ± 0 m.n.m je sklon uhelných slojí 4 a 3 60° - 90° . Poněkud mírnější je u slojí 1 a 2 kde se pohybuje mezi 50° - 55° . Pod horizontem ± 0 m.n.m se úklon všech slojí výrazně zmenšuje na $<5^{\circ}$ až přes horizontální v ose vrásky. V protilehlém křídle pak pozvolna narůstá na hodnoty kolem 25 - 30° .

V centrální části lomu „Severní“ s délkou 5 km (9^a-18 průzkumné linii) jsou uhlonosné sedimenty ukloněny k východu.

Na horizontě -200 m.n.m., kde se už projevuje přibližování k osní části synklinály, uhly sklonu nepřevyšují 3 - 5° a na horizontu -100 m sloj č. 1 upadá pod uhlím 20° . Na horizontě ± 0 m je sloj č. 4 ukloněná pod uhlím 25 stupňů, který se směrem k výchozu sloje na povrch zvyšuje až na 35 - 40° . Velikost zlomů v této oblasti dosahuje jen malých hodnot, jak ukazují hornické práce (Belik et al, 1992 Revuckaja et al., 2010).

Jižní část lomu „Severní“ o délce kolem 4km má složitější ukládání. Uhlonosné sedimenty v nadloží sloje č. 1 zde zapadají pod úhly 35 - 40° , zatímco u sloje č. 3 je úklon ještě strmější 45 - 60° . Sloj č. 4 tvoří na výchozu příkrou asymetrickou vrásku s vertikálními a překocnými křídly.

Osa synklinály je orientovaná směrem k severozápadu a je mírně zvlněná. Následkem je vznik série brachyvrás na hlubších horizontech což se projevuje v reliéfu podloží slojí č. 3 a 4.

Většina zjišťovaných poruch patří k poklesovým zlomům. Směr sklonu poklesových zlomů je většinou konkordantní se směrem sklonu uhelných slojí. Většina zlomů se vyskytuje ve spodní části profilu uhlonosného komplexu v podloží slojí č. 3 a 4.

Většina poruch postihuje ukloněné uhelné sloje v revírech 3 a 4 a hustota poruch se s klesající hloubkou zmenšuje. Velká hustota zlomů porušujících sloj č. 3 je nejspíše dána velkou mocností sloje, do které jsou tyto zlomy soustředěny. K výrazné míře křehkého porušení sloje č. 3 napomohla přítomnost 50 m mocné vrstvy pískovců, která odolala tektonickému napětí, a většina deformace postihla pouze poddajnější uhelnou sloj.

Tab. 1. Charakteristika zlomů lomu „Severní“ (revír 1, 2, 3, 4).

Číslo a druh poruchy	Délka (m) v hranicích oceňované plochy	Stratigrafická amplituda, m		Azimut	Sklon spádnice		Mapované průzkumné linií
		Max.	Min.		Směr	Úhel sklonu(stupeň)	
1	2	3	4	5	6	7	8
Zdvih 2	3000	75	30	S-JV	SV	42-83	Z 19 ^o na jih pokračuje za hranici oceňované plochy
Zdvih 2 ^a	150	4	–	SV-JZ	JZ	79	9 ^a
Pokles 3	550	>200	200	SZ-JV	SV	80-90	24 ^a , 5
Pokles 4	200	80	–	SZ-JV	SV	86	25
Zdvih 15	450	14	4	SZ-JV	SV	60-75	3-10, 3 ^o -10 ^a
Zdvih 16	3000	150	16	SZ-JV	SV	28-78	20 ^a , 18, 18 ^a , 21, 21 ^a , 19 ^o , 26, 20
Zdvih 18	3300	60	6	SZ-J	SV	43-75	Z 18 ^a po 25 a dál pokračuje za hranici oceňované plochy
Zdvih 20	250	7	–	SZ-JV	V-SV	41-52	21
Zdvih 21	200	32	–	SZ-JV	V-SV	24-50	21
Zdvih 22	650	78	–	SZ-J	V-SV	53-65	21 ^a , 19
Zdvih 23	650	4	–	SZ-J	SV	63	21 ^a , 19
Zdvih 25	300	86	–	SZ-JV	SV	68	26, 26 ^a
Zdvih 26	200	20	12	S-JV	SV	56	6
Zdvih 27	400	68	42	SZ-JV	SV	21	6, 6 ^a
Zdvih 28	500	12	–	SZ-JV	SV	61-76	24 ^a , 5
Zdvih 29	400	40	29	SZ-JV	SV	52-74	24, 24 ^a
Pokles 30	300	12	–	SZ-J	JZ	45	6 ^a
Zdvih 31	200	14	3	SZ-JV	SV	56-60	23
Zdvih 32	500	30	26	SZ-JV	S	72-80	23
Zdvih 32 ^a	200	15	-	SZ-JV	SV	70	23
Zdvih 34	200	72	3	Z-V	SV	65	24
Zdvih 35	250	15	–	SZ-JV	SV	46-63	5
Zdvih 36	450	73	12	SZ-JV	SV	45-79	5, 5 ^a
Zdvih 37	1550	–	–	SZ-JV	SV	52-76	6 ^a , 23, 23 ^a , 24, 24 ^a , 5, 5 ^a
Zdvih 39	150	4	–	–	SV	88	5
Zdvih 38	1300	93	19	SZ-JV	SV	43-62	6 ^a , 23, 23 ^a , 24
Zdvih 40	200	8	–	CSZ-JV	SV	67	5 ^a
Zdvih 42	650 pokračuje za hranici oceňované plochy	30	–	Z-JV	JZ	70-85	16-15, 51, 34

Charakter tektoniky v lomu „Severní“, díky velké mocnosti uhelných slojí nemá podstatný vliv na dobývání uhlí. Tektonické pohyby však ovlivnily mechanickou pevnost uhlí v blízkosti zlomů. Mocnost takových zón se pohybuje v prvních metrech a nepřesahuje 15 m (Revuckaja et al., 2010).

2.1.3. Uhlonosné sedimenty.

Uhlonosné sedimenty karbonu ekibastuzské pánve obsahují 6 těžitelných uhelných slojí a dalších 15 slojí neprůmyslového významu. Těžitelné sloje se označují arabskými číslicemi (od shora dolů podle profilu obr. 4. Belik et al, 1992), a netěžitelné sloje číslicemi římskými v opačném pořadí, tj. zdola nahoru. Černé humitové uhlí má obecně zvýšený podíl minerálních látek a tedy celkově zvýšenou popelnatost.

Uhlonosná část vrstevního sledu ekibastuzské pánve obsahuje 4 sloje číslované od shora dolů čísla (1, 2, 3 a 4). Sloje č. 5 a 6 jsou netěžitelné, kvůli slabé mocnosti a velké popelnatosti. Tyto sloje obsahují veškeré bilanční zásoby uhlí pánve.

Uhelné sloje č. 1, 2 a 3 jsou sblížené a tvoří dohromady jednu velmi mocnou sloj, ev. souslojí s komplexní stavbou o celkové mocnosti do 170 m. Dělení do uvedených slojí je podmíněno přítomností poloh se zvýšeným obsahem popela (uhelnaté jílovce) až hornin bez uhelné příměsi (Obr. 4 a 5. Belik et.al, 1992). Sloje 1 a 2 se dále stratigraficky nedělí. Podle členění vypracovaného pro potřeby hornického průzkumu bylo navrženo členění sloje č. 3 na osm lavic, označované indexy (shora dolů): 3a, 3b, 3v, 3g, 3d, 3e, 3ž, 3z Bergmanem v roce 1942. Toto schéma se používá do současnosti pro paralelizace uhelných lávek při lomové těžbě uhlí.

Kumulování rašelinišť, které tvořily sloje 4, 3, 2, 1 proběhlo v podmínkách jezerního-močálu za současného dlouhodobého poklesávání pánevního dna přerušovaného krátkými obdobími tvoření lavic uhelnatých jílovců a jílovců (Bergman 1942).

Sloj 4 leží v podloží sloje č. 3, od které je oddělena polohami – pískovců, prachovců a místy i jílovců o mocnosti 1 až 106 m. Mocnost a stavba sloje je poměrně stálá v pánvi.

Pro těžitelnou část sloje 4 je charakteristické časté střídání uhelných lavic s tenkými proplásky světlých hornin. Průměrná těžitelná mocnost sloje je 18,3 m. Minimální mocnost je 5,4 m a maximální 46,2 m.

Sloj 3 je nejmocnější a architektonicky nejkomplikovanější uhelná sloj pánve. Ve svrchní části sloje 3 se obvykle střídají polohy uhlí a uhelnatých jílovců, ev. neuhelnatých hornin. K podobnému střídání dochází ve střední části sloje, kde se mezi uhelnými lávkami vyskytují

různě mocné polohy uhelnatých jílovců a horninových proplástek. Spodní část sloje 3 je nejvíce proměnlivá a rovněž se v ní, střídají lavice uhlí s převažujícími polohami jílovců a prachovců. V závislosti na popelnatosti je tato spodní část sloje místy netěžitelná, v místech se sníženou popelnatostí se však těží.

Těžitelná část 3 sloje vypočtená z několika desítek vrtů činí 90-100 m. Zákonitosti ve změnách mocnosti sloje nebyly dosud zjištěny.

Sloj 3 se vyznačuje nejmenším podílem uhlí. Na uhelnou hmotu průměrně připadá 80 %, mocnosti sloje. Zbývajících 20% tvoří horninové proplátky, uvnitř těžitelní části sloje.

Sloj 2. Nadloží sloje 2 tvoří uhelnaté jílovce střídající se s tenkými proplásky uhlí, občasnými tenkými proplásky jílovců a prachovců. Tento interval sloje často patří k „vnitřní skrývce“.

Hlavní část sloje se skládá převážně z matného a pololesklého uhlí, střídající se se světlými horninovými a uhelnatými proplásky (obr.4). Průměrně těžitelná mocnost sloje odvozená z vrtů činí 38-45 m; podle hornických prací 35-45 m.

Sloj 2 je relativně málo porušená horninovými proplásky. Na uhlí zde připadá průměrně 85 %, horninové proplátky tvoří zbývajících 15 %.



Obr.4. Sloj č. 2 s proplásky světlých hornin

Sloj 1 – je stratigraficky nejvyšší z těžitelných slojí pánve. Průměrná těžitelná mocnost kolísá od 12,3 m do 35,3 m (průměrně 22 m). Stavba sloje je složitá. Tvoří ji 20-40 uhelných lavic o mocnosti 0,1-2,0 i více metrů, oddělených horninovými proplástkami o mocnosti 1-30 cm. Celkový podíl uhlí dosahuje asi 20 m, tj. 92 % průměrné mocnosti těžené sloje, což je nejvíce ze všech slojí pánve Ekibastuz. Podíl horninových proplástků zaujímá 1,8m (8 %). Svrchní část sloje č. 1 má nízký obsah popela (uhelná látka 1a o mocnosti 0,5-2,5m) a obsahuje 1-2 zřídka až 4 tenké (0,01- 0,1m) proplásky jílovců a uhelnatých jílovců. Petrograficky je tvořená hlavně páskovaným a matným páskovaným uhlím a vhodným ke koksování. V nadloží sloje č. 1 se vyskytuje velmi charakteristický horizont hořlavých břidlic o mocnosti 5-7 m (Belik et al., 1992).

2.1.4. Skupinové dělení ložisek podle složitosti

Podle klasifikace zásob a prognózních zásob jsou ložiska pevných užitečných surovin polí lomů „Bogatyr“ a „Severní“ řazeny k první skupině podle složitosti geologické stavby (Astana, 2005).

Uhlonosné sedimenty se vyznačují výjimečnou, více než 150 metrovou mocností. Mocnosti uhelných slojí 1, 2, 3, 4 a jejich stavba jsou v ploše ložiska poměrně stálé, čehož důkazem je nepatrný odklon od průměrných technologických parametrů.

Hlavní parametr kvality uhlí – popelnatost je stabilní; odchylka od střední hodnoty popelnatosti nepřevyšuje pro sloje 1 a 2 - 2,5-2,2 %; pro sloj 3 - 1,6 %.

Průměrné index popelnatosti je skoro stejné bez ohledu na rozmanitost tektonické stavby revírů. Na převážné části pánve uložení slojí není porušeno.

2.1.5. Kvalita uhlí

Hlavními parametry kvality ekibastuzských uhlí jsou popelnatost, výhřevnost, výchozí obsah prchavých hořlavín, obsah vody, obsah síry, prvkové složení a další speciální parametry, které jsou důležité pro efektivní využití fluidně spalovaného uhlí v elektrárnách.

Index souvrství	Polo ha uheln ých slojí	Číslo slojí	Mocnost slojí od - do střední, m	
			obecná	těžitelná
		V		
		IV		
		III		
		I-II		
		1	$\frac{16-28}{23}$	$\frac{16-26}{21}$
		2	$\frac{26-47}{38}$	$\frac{24-45}{36}$
		3	$\frac{65-145}{94}$	$\frac{60-130}{78}$
	C _{IV3} -skrg			
		4	$\frac{12-30}{19}$	$\frac{6-24}{14}$
		5	$\frac{9-11}{10}$	$\frac{7-9}{8}$
	C _{IV2} aš			
		6	$\frac{8-10}{8}$	$\frac{7-9}{8}$

Poznámka: slojí 1,2,3 produktivní horizonty

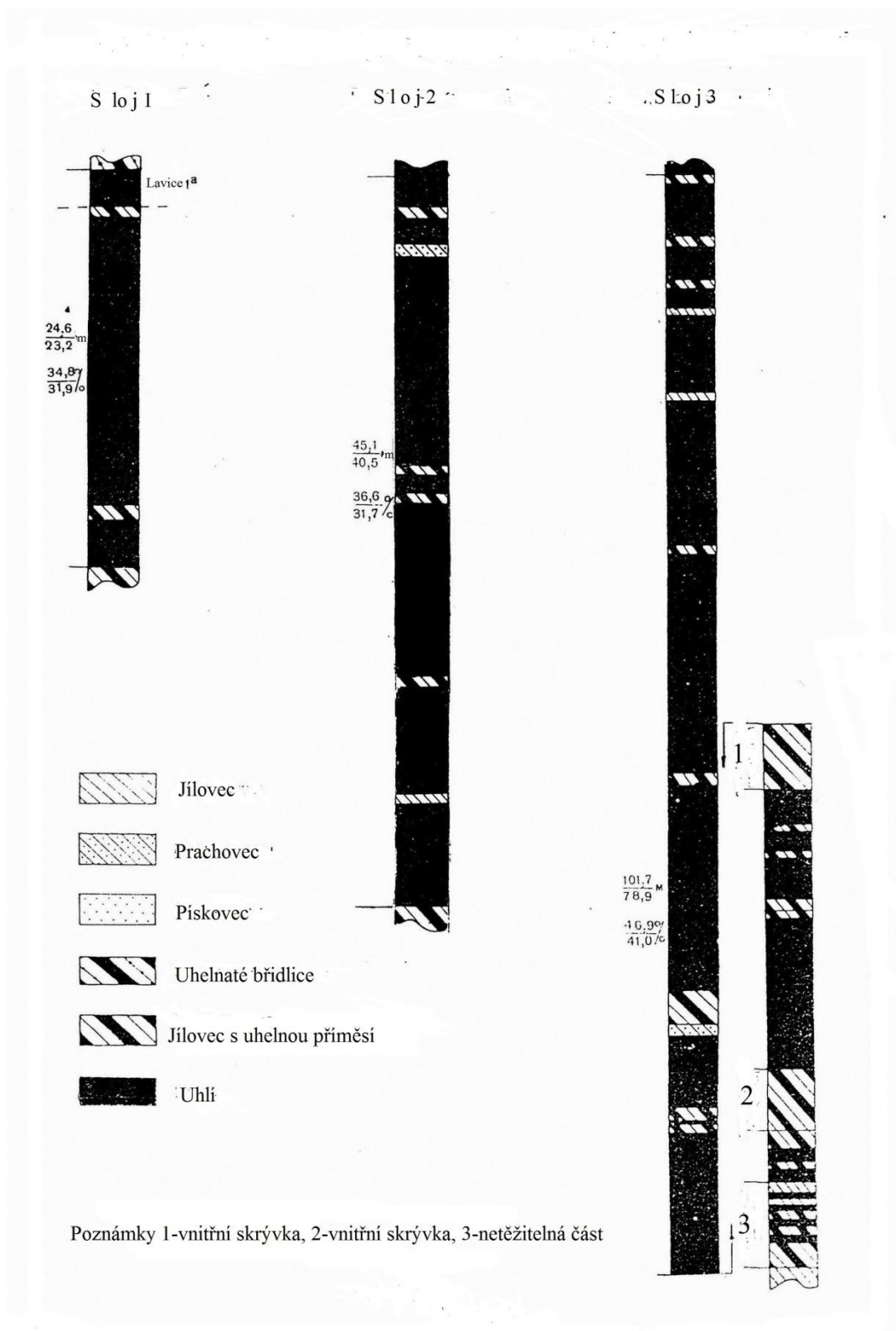
Obr. 5. Charakteristika uhelných sloje (Belik et al.,1992).

Hlavní parametry kvality uhlí lomu Bogatyr jsou uvedeny v „Geologické zprávě o geologických průzkumných pracích vypočtu zásob uhlí a hodnocení souběžných užitkových surovin Ekibastuzské pánve, Pavlodarského kraje Kazachstánu“ (Zinčenko, 1984).

Kvalita uhlí byla stanovena z relativně velkého počtů vzorků, odebraných z průzkumných vrtů (tabulka 2 Revuckaja et al., 2010).

Popelnatost

Popelnatost se v revírech se zastoupením stejných slojí odlišuje nepatrně (0,8% absolutně). Uhlí slojí č. 1 a 2 má podobnou popelnatost 8-9 %, popelnatosti slojí č. 3 a 4 dosahuje 10–11%. Popelnatost uhlí se vyjadřuje obsahem popela v procentech bezvodého uhlí s označením A^d. Popel ekibastuzských uhlí je těžce tavitelný, což je pozitivním faktorem, protože se nespéká a netvoří strusku.



Obr. 6. Stavba sloje lomu „Bogatyr“ (Belik et al.,1992).

Charakteristika popelovin

Tavitelnost popela souvisí s mineralogickým složením uhlí. Ekibastuzská uhlí se vyznačují vysokým obsahem syngenetických nízkotavitelných jílových minerálů, zrn křemene, sideritu, kalcitu s malou příměsí pyritu, titanových a dalších akcesorických minerálů (Kuznecova, Golcin 1975; Popov et al. 2011). V důsledku vysokého obsahu tvrdých zrn křemene a sideritu dochází k rychlejšímu opotřebení vnitřích ploch kotlů pro práškové spalování.

Výhřevnost

Výhřevnost (spalné teplo) je významným ukazatelem kvality uhlí pro energetické účely. Spalné teplo těženého uhlí, přepočítané na organickou hmotu, se v průměru pohybuje od 7221 cal do 7663 cal, resp. 30,3 až 32,1 MJ.kg⁻¹. Gabzdyl (1994) uvádí až 33,1MJ.kg⁻¹.

Upravitelnost uhlí

Uhlí je velmi těžké vzhledem k poměrně vysokému obohacení dispergovanými popelovinami. Přítomnost jemně rozptýlených popelovin znesnadňuje odstranění hlušiny z uhlí a jeho celkovou upravitelnost. Efektivní výsledky nevykazuje jak jeho úprava flotací tak rozduřováním v těžkých kapalinách (Avguševič et al. 1987).

Spékavost a koksovateľnost.

Schopnost spékání uhlí je cenným parametrem pro výrobu hutnického a energetického koksu. Také se uplatňuje při zplyňování a spalování uhlí. Spékavá uhlí v peci s redukční atmosférou při zvyšujících se teplotách cca do 1 100°C měknou, přecházejí do plastického stavu, odplyňují se a postupně tvoří porézní koks (Taylor et al. 1998). Spékavost uhlí se vyjadřuje indexem puchnutí, indexem Rogy, tloušťkou plastické vrstvy a dilatací (Avguševič et al, 1987).

Pro lom „Bogatyr“ se spékavost uhlí stanovila ze souborného vzorku sloje z vrtu 1671 a z rýhy na průzkumné linii 46 v laboratoři „Centrkazgeologie“. Spékavost všech sledovaných slojí je celkově nízká a proměnlivá. Souborné vzorky ze slojí 1 a 2 hodnoceny nulovými hodnotami indexu Rogy a puchnutí.

Z výsledků analýz slojí lze udělat závěr, že potenciálně vhodnými ke koksování jsou lávka uhlí 1a sloje č. 1 a jednotlivé, většinou málo mocné tektonicky porušené lavice uhlí 3 sloje.

Existující data laboratorního a technologického výzkumu uhlí lávky 1a ukazují, že případný koks neodpovídá požadavkům kladeným na vysokopecní koks z důvodu vysokého obsahu fosforu (0,193 - 0,210 %), malé pevnosti a vysoké popelnatosti koksu.

Tab. 2. Střední indexy kvalit uhlí.

Lom	Jméno slojí	Popelnatost v bezvodném stavu %	Obsah veškeré síry %	Obsah vody v ložisku %
«Severní» (revíry 1, 2, 3, 4, 9, 10)	1	39,11	0,50	5,0
	2	37,25	0,52	5,0
	3	45,08	0,47	5,0
	4	48,26	0,50	5,0
«Bogatyr» (revíry 5, 6, 9 a 10)	1	35,50	0,50	5,0
	2	37,35	0,52	5,0
	3	45,54	0,47	5,0
	4	49,10	0,47	5,0

Při suché destilaci uhlí slojí č. 1, 2 a 3 dávají malý výtěžek dehtu (do 55 %) na organickou hmotu. Proto nemohou být tato uhlí doporučena pro technologické zpracování metodou polo koksování při teplotách kolem 700°C. Prvotní plyn ekibastuzských uhlí má vysoké spalné teplo Q_H^r –1142-1476 kJ/kg (Revuckaja et al., 2010).

2.1.6. Značka uhlí

Podle státních standardů 25543-88 je uhlí ekibastuzské pánve hodnoceno známkou KSN – žírné uhlí až koksové slabě spekové.

2.1.7. Doprovodné suroviny

Podle dat z „Geologické zprávy komplexního ohodnocení doprovodných užitečných surovin (dál SUS) ekibastuzské pánve“ z 01. 01. 1987 vyplývá, že v ekibastuzské pánvi se vyskytují další nerostné suroviny, konkrétně surovina pro výrobu keramických cihel (uhelnaté břidlice a prachovito-jílovcovité horniny):

- minimální mocnost prachovito-jílovcovitých hornin je 20 m, ale k produktivním intervalům patří jen ty, které obsahují nejméně 85% prachovito-jílovcovité složky.
- minimální mocnost sloje uhelnatých břidlic jsou 4 m, při minimální popelnatosti 60 %.

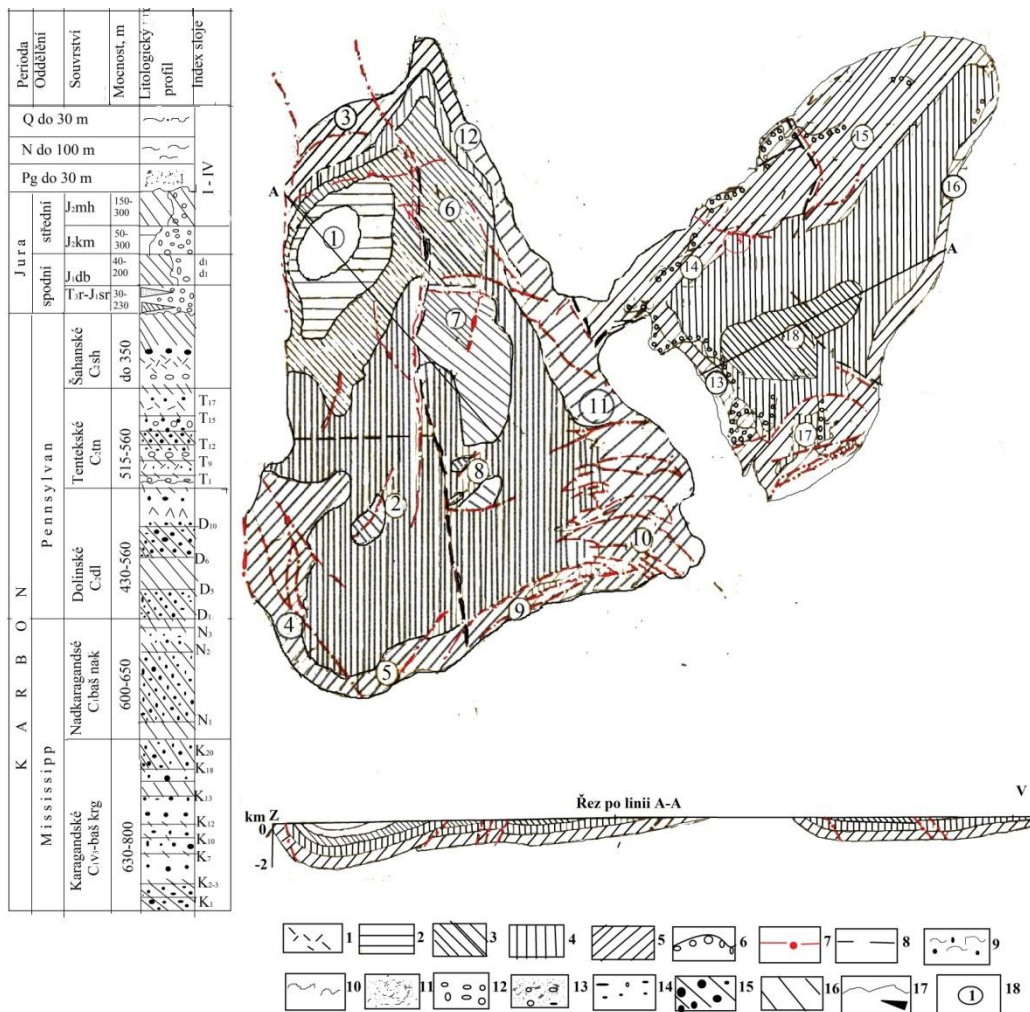
Podle protokolu SKZ SSSR № 10296 od 18.11.87r. vypočtených zásob 5950798 tis. m³.

2.2. Karagandská uhelná pánev

Karagandská pánev (obr. 7. Bekman et al., 1972) má plochu 3000 km². Na vápencích a slínovcích devonu zde spočívá 450 m mocný komplex mořských vápenců, slínovců a jílovců vesměs s hojnou faunou tournai. Následující až 1000 m mocné souvrství akkudukské, patří k nejvyššímu tournai. Jeho sedimenty přecházejí směrem do nadloží z ryze mořských klastických usazenin v cyklicky uspořádané pískovce, prachovce, uhelné slojky a vápence příbřežně mořského vývoje. Dobyvatelné sloje se objevují ve výrazných, rovněž příbřežně mořských cyklech následujícího, 650 m mocného souvrství ašjarikského z rozhraní tournai – visé. Mořská patra mají jílovcový nebo slínovcový vývoj a obsahují bohatou mořskou faunu. Nálezy flóry jsou velmi chudé. Z 20 slojí značených shora dolů a₁ až a₂₀, překračuje nejmenší dobyvatelnou mocnost jednoho metru 16 slojí, jejichž uhlí má však vysoký podíl technologicky neodstranitelných sekundárních popelovin. Těží se jen sloj a₅, mocná až 4,5 m.

Další souvrství karagandské, patřící do visé a mocné 750m, je spjato s podložím i nadložím pozvolným přechodem. Spodních 200 m skládají cykly příbřežní mořské vývoje s 3 dobyvatelnými slojemi, které jsou bez ostrého přechodu vystřídány říčními a jezerní deltovými cykly s 15 dobyvatelnými slojemi. Sloje označované zdola nahoru k₁ až k₂₀ provází viséská flóra, promíšená s prvky angarské flory. Celkem je v tomto souvrství 40 slojí a sloje s celkovou mocností dobývaného uhlí 45,6 m. Nejmocnější je sloj k₁₂, která má mocnost až 8m.

Následující kontinentální asi 500 m mocné souvrství nadkaragandské patří do namuru A a je bez dobyvatelných slojí. Část jeho sedimentů je ve vývoji pestrých vrstev. V jeho nadloží je 550m mocné souvrství dolinské, které má jezerní původ a místy vývoj pestrých vrstev. Pokud je zachováno v celé mocnosti, obsahuje 12 dobyvatelných slojí s celkovou mocností uhlí 14,8m. Sloje označované zdola nahoru d₁ až d₁₂ nemají obvykle mocnost větší než 1,5m, avšak jsou poměrně stálé. Přes 60% mocnosti dolinského souvrství tvoří jílovce a prachovce, obsahující v blízkosti slojí flóru s prvky evropského namuru B a s prvky angarskými. Následuje 550 m mocné souvrství tentekské neboli naddolinské, budované velmi nestálými jezerními, deltovými a proluviálními cykly se slojemi uhlí a bituminozních hořlavých jílovců. Řadí se do namuru C. Jeho značně popelnaté sloje s mocností 1 – 1,5m místně naduřují na mocnost 3 až 8 m a označují se zdola nahoru t₁ až t₁₇. Dobyvatelných je 13 slojí s celkovou mocností uhlí 19,7m.



Poznámky: Souvrství 1-šahanské, 2-tentekské, 3-dolinské, 4-nadkaragandské, 5-karagandské. 6-hranice jurských sedimentů, 7-zlomové poruchy, 8-hranice uhlonosných prostorů, 9-jílové písek a písčité jíly, 10-jíl, 11-písek, 12-slepenec, 13-gravilit, 14-pískovec, 15-prachovec. 16-jílovec, 17-uhelné sloje, 18-uhlonosné revíry. S- důl Saranská

Obr. 7. Mapa karagandské pánve s ukázáním saranského pole (Bekman et al., 1972)

Nad tentekským souvrstvím jsou šedě a hnědě zbarvené jezerní a proluviální sedimenty 400 m mocného bezslojového souvrství šahanského (spodní vestfál), na kterém spočívají transgresně uložené bazální slepence jury (Samsonov, 1956; doplněno Bekman et al., 1972).

Zásoby do hloubky 1200 m se odhadují na 34,4 miliardy t, z toho 6,3 miliardy t v kategoriích A, B a C₁. K výrobě koksu se hodí asi 20 % uvedených zásob (Havlena, 1965).

Karagandská pánev se z provozního hlediska dělí do několika polí (starý název pole): abaiské (šerubai-nurinské), saranské (šahanské), šachtinské (tentekské) a dolinské. V současné době se těží ve všech polích, kromě dolinského („Arcelor Mittal“). Vzhledem ke

skutečnosti, že vzorky uhlí z karagandské pánve pocházejí ze saranského pole (Důl „Saranská“), bude geologická stavba a uhlonosnost této části karagandské pánve popsána v detailu.

2.2.1. Geologie saranského pole

Po geologické stránce je saranské pole (obr. 7. Bekman et al., 1972) tvořeno sedimenty karbonu, triasu, jury, neogénu a kvartéru.

Karbonské sedimenty jsou zastoupeny karagandským, nadkaragandským souvrstvím a spodním podsouvrstvím (Termín „podsouvrství“ je používán v Kazachstánu, ekvivalentem v české geologické terminologii je oddíl nebo úsek) dolinské souvrství (Obr. 8. Bekman et al., 1972). V tabulce 3 jsou zobrazeny mocnosti a počet uhelných slojí v uhlonosném souvrství.

Karagandské souvrství (Obr. 9. Bekman et al., 1972) ($C_1 krg$). Spodní hranice karagandského souvrství leží v podloží sloje K_1 , svrchní pak v nadloží sloje K_{20} . Ve spodních horizontech (-200 m.p.m.) dolů saranského pole se mocnost souvrství zmenšuje v severovýchodním směru ze 700 na 630 m. Litologie souvrství, i jeho vůdčí horizonty jsou typické pro celou karagandskou pánev. Souvrství se dělí se na tři podsouvrství.

Spodní podsouvrství ($C_1 krg_1$) tvoří úsek mezi bází souvrství v podloží sloje K_1 až do nadloží sloje K_5^3 . Tvoří je sedimenty lagunárních až mořských facií, které výše přecházejí do kontinentálních uloženin. Převládají tmavě-šedé jílovce a prachovce (až 80%). Pískovce jsou hojnější hlavně ve svrchní části podsouvrství

Typickým znakem je střídání prachovců a pískovců v nadloží uhelné sloje K_4 . Mocnost podsouvrství se zmenšuje v severovýchodním směru ze 160 na 120m.

Ve spodním podsouvrství se vyskytuje pět uhelných slojí (K_1 , K_2 , K_3 , K_4 , K_5^3) a několik tenkých uhelných slojek. Všechny sloje spodního podsouvrství mají velmi složitou stavbu a jejich uhlí obsahuje vysoký podíl popela.

Střední podsouvrství ($C_1 krg_2$) je vyčleněno od nadloží sloje K_5^3 do podloží sloje K_{15} . V tomto úseku převládají zeleno-šedé až šedé středně a jemně zrnité polymiktní pískovce, dosahující mocnosti až několik desítek metrů.

Mocnost se podobně jako v případě spodního podsouvrství zmenšuje v severovýchodním směru z 380 na 330 m.

Faciální změny ve středním podsouvrství mají vliv i na jeho uhlonosnost. Uhlé sloje mají méně složitou stavbu, než je tomu v případě spodního podsouvrství. Kvalita uhlí je lepší a sloje nabývají větších mocností. Patří sem nejmocnější (4-7 m) sloje pánve: K_{12} , K_{10} , K_{7-8} .

Celkem v podsouvrství leží 6 těžitelných uhelných slojí K₇₋₈, K₁₀, K₁₁, K₁₂, K₁₃, K₁₄ a uhelné slojky K₈¹, K₉, K₁₂¹, K₁₂², K₁₂³.

Svrchní podsouvrství (C₁ krg₃) odpovídá úseku mezi podloží sloje K₁₅ a nadloží sloje K₂₀. Mocnost podsouvrství je 160-180 m. Tato část souvrství je tvořena střídáním poloh tmavošedých a zelenošedých jílovců, prachovce s podřadně zastoupenými jemnozrnné pískovci.

Ve svrchním podsouvrství je uloženo 6 tenkých uhelných slojí (K₁₅, K₁₆, K₁₇, K₁₈, K₁₉, K₂₀) až do 10 uhelných proplátek. Stavba slojí je složitá, sloje jsou velmi nestálé, a obvykle netěžitelné mocnosti. Výjimkou jsou sloje K₁₅ a K₁₈.

Nadkaragandské souvrství (C_{1s} ndk) spočívá konkordantně na sedimentech podložního souvrství karagandského. Nemá průmyslový význam, neboť uhelné sloje mají obvykle malé plošné rozšíření a jejich mocnost nepřesahuje 0,7 m. Spodní hranice souvrství leží v nadloží K₂₀, svrchní hranice v podloží sloje D₁, patřící již dolinskému souvrství. Mocnost podsouvrství se v saranském poli pohybuje kolem 710 m.

Sedimenty souvrství jsou interpretovány jako uloženiny občasných toků a sezónních jezer (facie „suchých rovin“ dle Koperiny 1954 a 1956), méně pak jezerními, říčními a bažinými faciem.

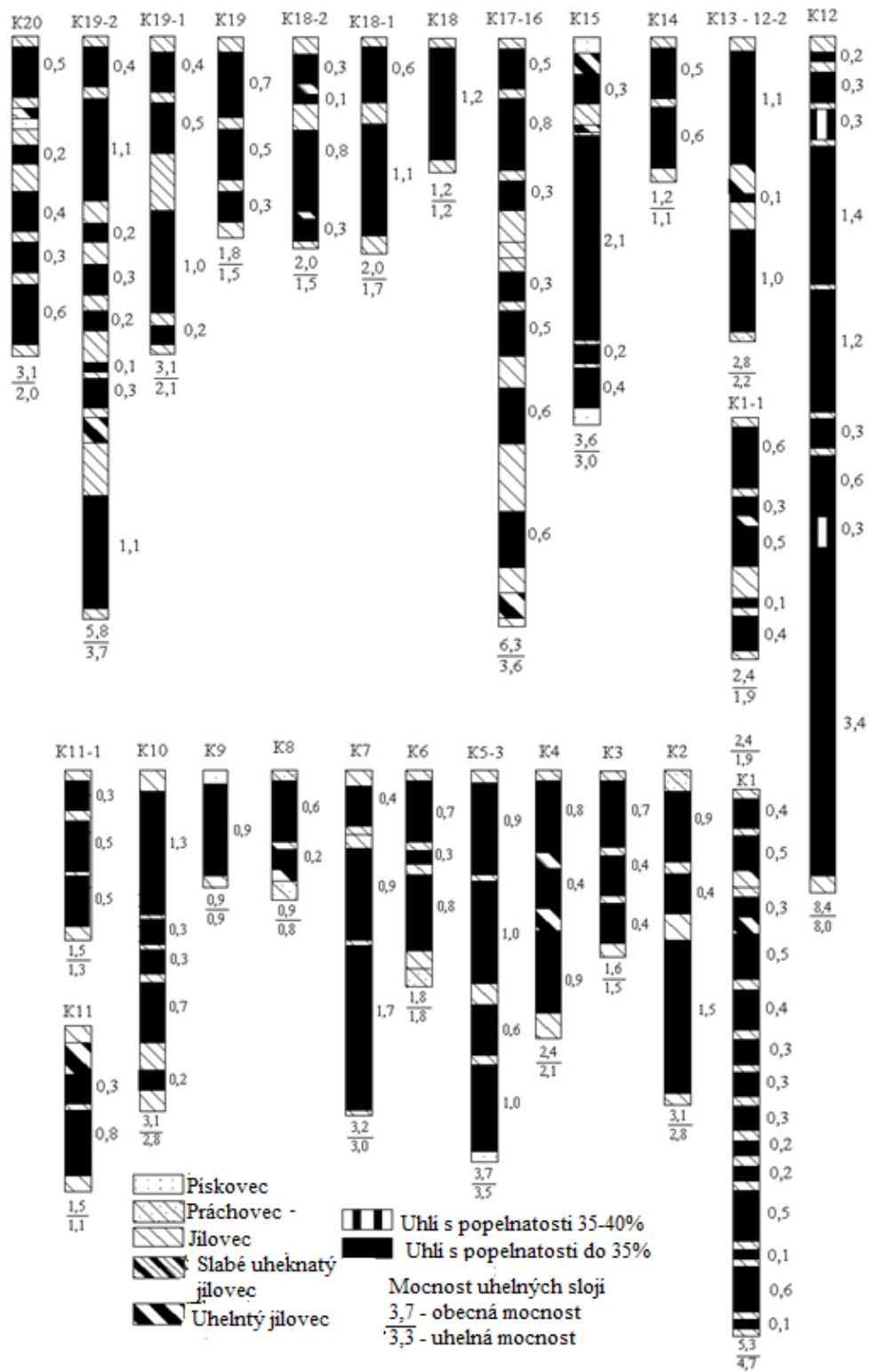
Dolinské souvrství (C₂ dl) je uloženo konkordantně na sedimentech nadkaragandského souvrství, a v karagandské synklinále ukončují sled paleozoických sedimentů. Celková mocnost je 350 m (Samsonov, 1956).

V saranském důlním poli mocnost souvrství dosahuje až 260m. Sedimenty souvrství představují komplex jezerních a říční uloženin, a uloženiny „suchých rovin“. Z hlediska litologického jsou zde zastoupeny tmavošedé a zelenošedé jílovce, prachovce a jemnozrnné pískovce.

Hornicky přístupná část vrstevního sledu obsahuje pět uhelných slojí – D₁, D₂, D₃, D₄, D₅. Sloje jsou poměrně stálé o mocnosti do 1,5 m. Uhlí těchto slojí je charakterizováno vysokou kvalitou a je hodnoceno značkami K a KŽ, tj. jako uhlí koksové a koksové žírné (doplněno „ŽumysStrojServis“ 2010).

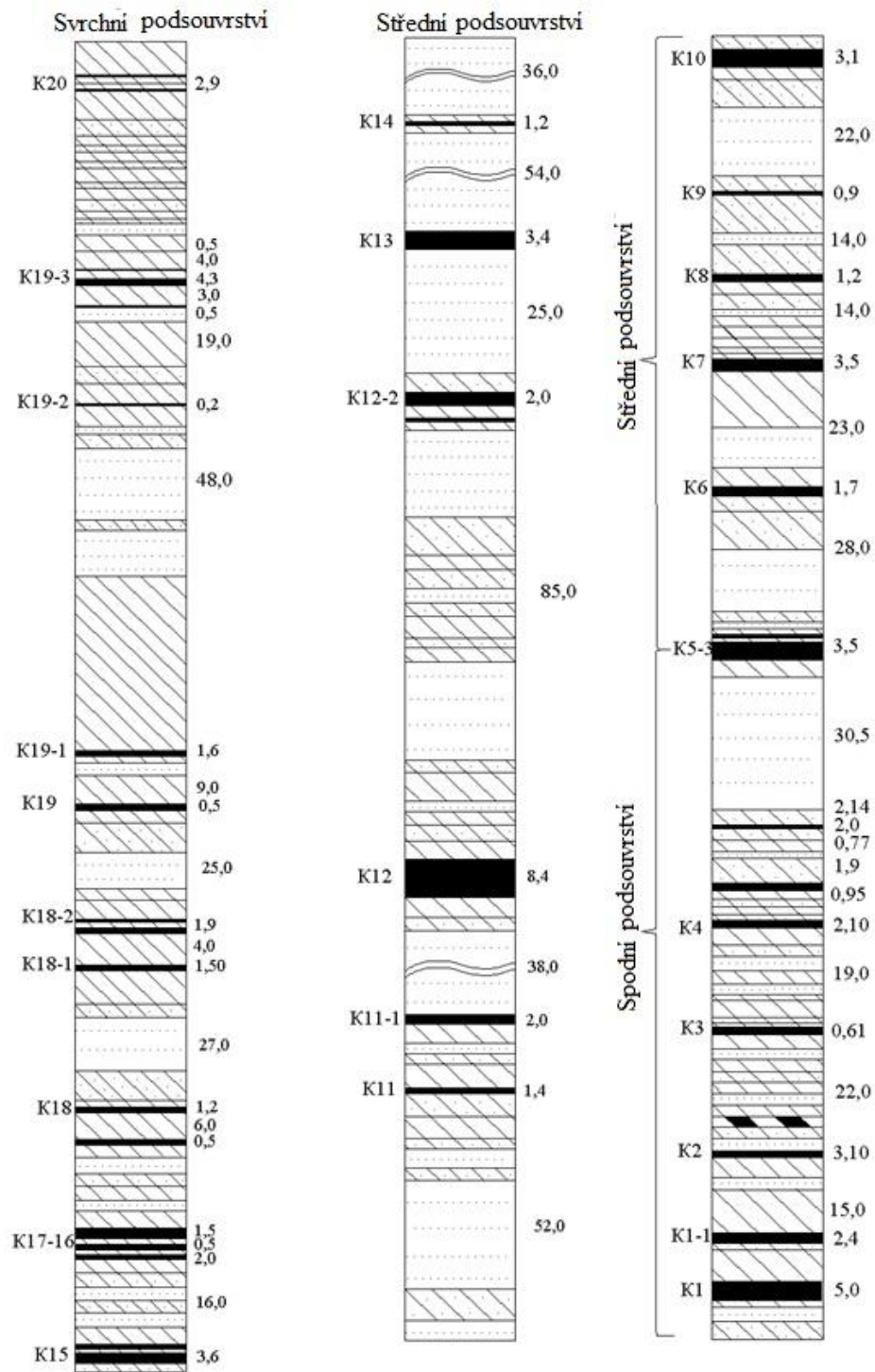
Řezy uhelných slojí

měřítko 1: 1000



Obr. 8. Uhelné sloje saranského pole (Bekman et al., 1972).

Řez karagandské souvrství



Obr. 9. Profil karagandské souvrství (Bekman et al., 1972), podmíněny označený na obr. 8.

Tabulka 3. Údaje o mocnosti souvrství a počtu uhelných saranského pole

Souvrství	Průměrná mocnost (m)				Počet slojí	
	Spodní podsouvrství	Střední podsouvrství	Svrchní souvrství	Celé souvrství	celkem	těžitelných
Karagandské						
centrální část	160	380	160	700	29	9
východní část	120	330	180	630	24	11
Nadkaragandské	160	300	250	710	5	1
Dolinské	260	denudace		260	8	4

Saranské souvrství ($T_3 - J_{1sr}$) tvoří hlavně středno,- a hrubozrnné slepence šedé a zelenošedé barvy střídající se s hrubozrnnými pískovci a prachovci, uloženými v čočkovitém tvaru. Mocnost souvrství se pohybuje mezi 30-140m.

U osady Dubovka je souvrství složeno z hlavně z hrubě,- a střednězrnných slepenců s dobře opracovanými valouny (do 5 cm) porfyrů, devonských kvarcitů a vzácně těž pískovců a prachovců. Tmel slepenců je jílovito-písčité a jílovitý. Na bázi saranského souvrství je uložen horizont (mocnosti 10-15 m) kompaktních slepenců s vápnitým a křemitým tmelem.

Dubovské souvrství (J_{1db}) spočívá konkordátně na saranském souvrství. Tvoří jej pískovce, prachovce, jílovce a tenké netěžitelné slojky hnědého uhlí. Mocnost souvrství se zvětšuje jihovýchodním směrem ze 40 na 200 m v souladu s nárůstem obsahu hrubozrnných sedimentů zejména slepenců a hrubozrnných pískovců.

Uhlonosnost souvrství není rovnoměrná, přičemž dosahuje maxima na jihozápadě pole.

Kumyjské souvrství ($J_2 km$) se vyskytuje v severovýchodní části pole. Jehož odkrytá mocnost se pohybuje mezi 30-50 m. Tvoří jej hlavně slabě zpevněné slepence a středně jemnozrnné pískovce.

Neogenní sedimenty jsou zachovány pouze v reliktech jihozápadní části pole. Jsou to červeno-hnědé kompaktní hlíny pavlodarské souvrství ($N_1-N_2 pv$) s obsahem sádry a drobných křemitých valounů. Mocnost souvrství kolísá mezi 10-20 m.

Kvartérní sedimenty (Q_{II-III}) jsou zastoupeny hlinitými písky a písčítými hlínami diluviálního až proluviálního původu a jejich mocnost nepřesahuje na celé ploše pole.

V údolí řek Bukpy a Sokury jsou uloženy aluviální písky o mocnosti 4-6 m, narůstající místy na 10-12 m (Bekman et al., 1972).

2.2.2. Strukturní stavba saranského pole

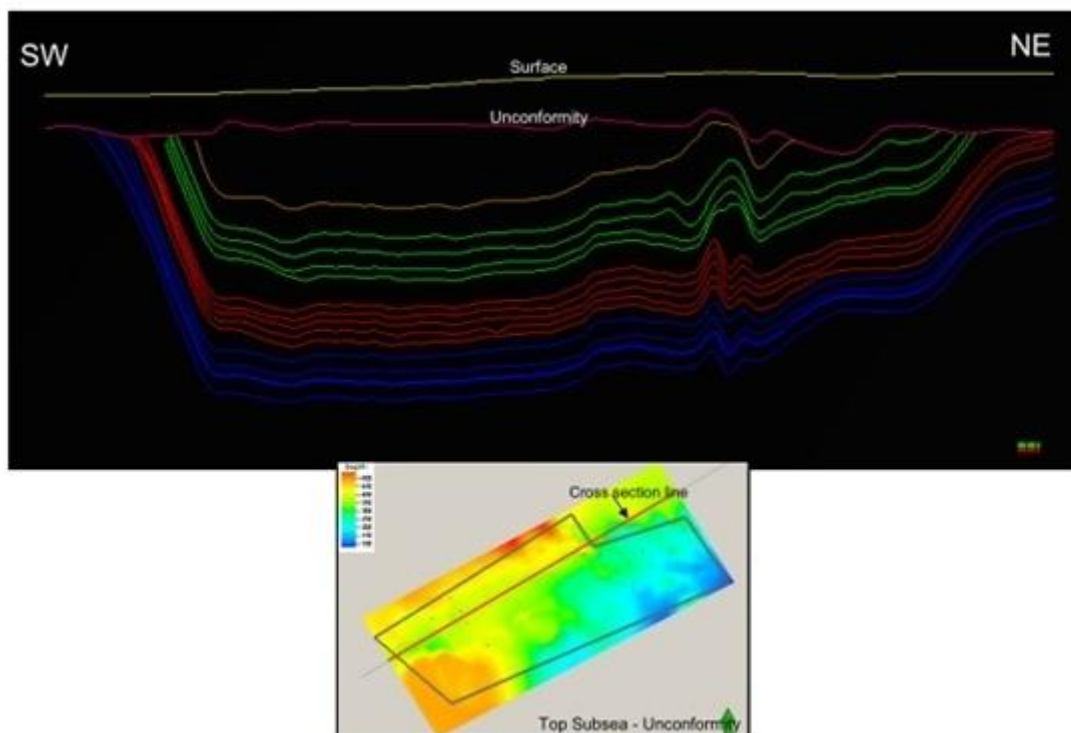
Ze strukturního hlediska patří spodní horizonty (to znamená, hloubkové horizonty obr. 10 „ŽumysStrojServis“, 2010) saranského pole k hlubokým horizontům karagandské synklinály a zaujímají centrální část karagandské pánve (Bekman et al., 1972).

Synklinála má tvar trojúhelníku, protaženého severovýchodním směrem. Délka synklinály je 35 a šířka 25 kilometrů. Celková plocha synklinály dosahuje kolem 900 km². V ose synklinály se báze produktivních sedimentů (slojí K₇₋₈) noří do hloubky až kolem 1400 m. Stavba synklinály je asymetrická: severozápadní křídlo je mírnější, jihozápadní a jihovýchodní část je příkřeji ukloněná. V křídlech synklinály vystupují sedimenty ašljarského a karagandského souvrství, v jádře synklinály pak sedimenty nadkaragandského a dolinského souvrství. V severozápadním křídle synklinály, kde se nacházejí všechny dosud činné doly saranského pole, jsou uhlonosné sedimenty uloženy pod úklonem 10-25⁰. Stavba je komplikována poměrně malým množstvím poruch. Jihozápadní křídlo synklinály, přecházející v alabaskou elevaci (obr. 7. Bekman et al, 1972), se příkře noří na jihu (60-75⁰) a mírněji na severu (40-45⁰). V hloubce 1000 m se úklon uhelných slojí náhle zmírňuje na 10-20⁰. Zlomové poruchy jsou zde značně rozšířené. Ještě složitější tektonika stavba charakterizuje jižní část jihovýchodního křídla karagandské synklinály, kde jsou příkře ukloněné a zvrásněné uhlonosné usazeniny postiženy velkým počtem zlomů. Východní křídlo synklinály je dosud slabě prozkoumáno, ale, podle dat z jednotlivých vrtů zde uhlonosné usazeniny mají příkré uložení (do 80⁰) které se snižuje až v hloubkách kolem 900-1000 m. Sedimenty jsou rovněž tektonicky porušeny.

Spodní horizonty saranského pole patří k severozápadnímu a jihozápadnímu křídlu karagandské synklinály a jejímu zámku, vytvořením jejich spojením.

Na významné části synklinály jsou uhelné sloje ukloněny k jihovýchodu pod úhlem 10-15°. V západním strmém křídle synklinály však sklon narůstá na 30-40°, a místy 50-70°.

Plikativná poruchy téměř chybí. Projevují se nevýrazným antiklinálami a synklinálami malé amplitudě a s velkým rozpětím (od 1,5 do 0,6 km) vytvářející mělké izometrické vrásy.



Obr. 10. Hloubkové horizonty saranského pole

Disjunktivní deformace jsou zastoupeny 50 zlomy, z nich 44 leží ve východní části pole (obr. 7. Bekman et al., 1972). Převážná část poruch představuje konkordátní poklesové zlomy. Jejich amplituda se mění od 3 do 68 m.

Podle složitosti tektoniky a charakteru uhlonosnosti se saranské pole dělí na části: **centrální**, která zaujímá velkou část pole a je typická mírným úklonem uhelných slojí; **východní** – výrazně porušenou vrásovými a zlomovými deformacemi, a plošně nejmenší **západní** část, zabírající pouze 9% celé plochy, avšak charakterizovanou nejsložitějším tektonickým porušením.

2.2.3. Uhlonosnost

Uhlonosnost spodních horizontů saranského pole karagandského souvrství je srovnatelná se svrchními horizonty, které těží doly. V souvrství je vyvinuto kolem 29 uhelných slojí a slojek, z nichž 14 dosahuje těžitelné mocnosti sloje ($K_1, K_2, K_3, K_4, K_5^3, K_7, K_8, K_{10}, K_{11}, K_{12}, K_{13}, K_{14}, K_{15}, K_{18}$). Sloje jsou číslovány od spoda nahoru. Koeficient obecné (absolutní) uhlonosnosti je 4,7-4,8%, průmyslová (bilanční) uhlonosnost kolísá v rozmezí 3,3-3,8 % (Dumler, 1955 upraveno Bekmanem et al., 1972).

Všechny uhelné sloje s výjimkou K_{11} a K_9 , mají složitou stavbu a podle průmyslové (bilanční) uhlonosnosti mají různé hodnoty (Dumler et al., 1955).

Vývoj uhelných slojí a slojek svrchního podsouvrství je často velmi nestálý (např. K_{20} , K_{19} , K_{18} , K_{17} , K_{16} , K_{15}), bez predikovatelných zákonitostí ve změnách mocnosti, stavby a kvality uhlí. Tyto sloje jsou většinou netěžitelné s výjimkou K_{18} a K_{15} , které na většině plochy mají bilanční mocnost. V uhelných slojích středního podsouvrství (K_{14} , K_{13} , K_{12} , K_{11} , K_{10} , K_9 , K_{7-8}) jsou uloženy hlavní zásoby koksovatelných uhlí. Tyto sloje mají nižší obsah horninových proplástků, celkově mocnější lávky uhlí o nižší popelnatost (do 30%) a s výjimkou slojí K_9 a K_{11} patří k nejmocnějším slojím souvrství. Uhelné sloje spodního podsouvrství (K_5^3 , K_4 , K_3 , K_2 , K_1) mají poměrně stabilní mocnosti a stavbu, avšak proměnlivou kvalitu. Vzhledem k vysokému podílu proplástků (20-30 % mocnosti sloje) a vysoké popelnatosti uhelných lávek (až 40-45%) jsou tyto sloje místy netěžitelné (Bekman et. al, 1972).

Změny mocnosti a stavby uhelných slojí ve spodních horizontech saranského pole mají stejnou zákonitost jako v svrchních horizontech (řeč o hloubkách dolu).

Všechny změny mocnosti a stavby uhelných slojí, komplikující jejich morfologii, jsou spojeny s vývojem synsedimentárních deformací: rozštěpení, laterální zastupování, postsedimentární erozi (Golicyn a Orlov. 1962).

Na východě saranského pole se od sloje K_{12} , směrem k JZ, odděluje spodní látka o mocnosti do 1 m, a stává se z ní samostatná sloj K_{11} . Dále k JZ se však ztenčuje do tenké slojky. V centrální části pole se od sloje K_{12} směrem k JZ odděluje svrchní látka, o mocnosti 0,5-0,7, označovaná jako sloj K_{12}^1 .

V severovýchodním směru se štěpí sloje K_{10} a K_{7-8} . Společným znakem pro většinu štěpení je výskyt na malých plochách, a podobná pozice linií štěpení.

Laterální zastupování facií se projevuje ve všech štěpeních slojí. Spodní látka spodní sloje K_{13} po odštěpení náhle zmenšuje svoji mocnost a následně přechází do uhelnatých hornin a posléze úplně vyhlušuje. Stejný vývoj mají i sloje K_{15} a K_{14} .

Sloj K_{11} je na značné ploše centrální části pole ztenčená a nebo zcela vyhluchlá rovněž následkem nahrazování uhelnatými horninami.

Ve sloji K_{10} na východě pole, paralelně se štěpením probíhá částečné nahrazování uhlí svrchní části spodní vrstvy uhelnatými horninami a jílovci, a svrchní vrstva, oddělená od spodního, úplně se vykliňuje.

U sloje K_{18} dochází k lokálnímu zjalovění. Na menších plochách dochází k úplnému či částečnému zjalovění v centrální a hlavně východní části pole také u uhelných slojí K_{15} , K_{14} , K_{12} , K_{11} , K_{10} , K_9 , K_{7-8} , K_5^3 , K_3 , K_1 (Dumler 1955).

2.2.4. Kvalita uhlí

Kvalita uhlí spodních horizontů saranského pole byla ověřována průzkumnými vrty prováděnými v letech 1974 – 1984 („CentrKazNedra“).

Hlavní nejmočnější sloje K_{13} , K_{12} , K_{10} , K_{7-8} , K_4 jsou většinou složeny z páskovaného až matného páskovaného uhlí (9-26%) a matného uhlí (15-38%). Sloje K_{15} , K_{14} , K_2 , K_1 jsou složeny z matného uhlí (44 – 59 %), pouze ve slojích K_9 a K_3 převládá uhlí páskované (48 – 85 %). Popelnatost uhelných slojí svrchního a středního podsouvrství karagandské souvrství kolísá od 11-19 % do 57-34%, a u spodního podsouvrství od 22-30 do 32-35,7% (Golicyn et.al, 1962).

2.2.5. Základy petrografie uhlí

Základním procesem vzniku uhlí je prouhelňování, jemuž předchází biochemická fáze s rašeliněním, hnitím a gelifikací, která zahrnuje chemické, fyzikální a biologické procesy rozbíhající se krátce po uložení rostlinného materiálu ve vlhkém prostředí za účasti mikroorganismů a vzniku rašeliny v ložisku na povrchu zemské kůry.

Po překrytí fosilního rašeliniště nadložními sedimenty a jeho ponořením pokračuje prouhelňování pod vlivem geochemických faktorů, teploty, tlaku a času. Fyzikálně-chemické stadium prouhelňování je iniciováno subsidencí sloje, změnou teploty a tlaku, vlivem lokálních teplotních toků a vlivem mocnosti nadloží. První fází geochemického stadia prouhelňování je geochemická gelifikace, během které se rašelina a málo prouhelněné hnědé uhlí homogenizují a přeměňují v lesklá hnědá uhlí a posléze v černá uhlí (Stach et al. 1982; Teichmüller, 1989). V tomto stadiu působí na všechny složky uložené organické hmoty stejný tlak a teplota, proto lze předpokládat, že se dále vyvíjely v souladu s původními změnami, jejichž rozdíly lze vyjádřit chemickými nebo fyzikálními parametry (van Krevelen, 1993).

Ve stadiu černého uhlí po vitritizaci huminitu a zformování vitrinitu s rozsahem světelné odraznosti $R_r = 0,5 - 1,8 \%$ probíhá bituminizace, která souvisí s tvorbou uhlovodíků z liptinitu a s vodíkem bohatého vitrinitu. Projevuje se změnou světelné odraznosti vitrinitu, rostoucí intenzitou fluorescence, tvrdostí uhlí, zvyšujícími se výtěžky dehtu, koksovacími

vlastnostmi, poklesem hustoty a sorpčních schopností. Ve stadiu více prouhelněných černých uhlí nastává debituminizace, která souvisí s uvolňováním uhlovodíků, zejména metanu, se snížením molekulové hmotnosti, atomových poměrů H/C, pevnosti, slábnoucí intenzitou fluorescence a zvyšující se tvorbou trhlin. Prudkým poklesem vodíku a H/C atomového poměru, vzrůstem světelné odraznosti a molekulární uspořádanosti se vyznačuje stadium antracitu a grafitu. Vztahy mezi prouhelněním, koksovacími vlastnostmi (Walker et Mastalerz 2004; Niekerk et al. 2010), uhelným metanem, ukládáním CO₂ (White et al. 2005; Hemza et al. 2009; Weishauptová et Sýkorová, 2011) a dalšími významnými změnami během prouhelnění byly diskutovány řadou autorů (van Krevelen, 1993; Taylor et al. 1998; Borrego et al. 2000).

Z původního rostlinného materiálu se během prouhelnovacích fází formovaly macerály skupiny vitrinitu, liptinitu a inertinitu černého uhlí. Z macerálových skupin je nejrozšířenější a technologicky nejvýznamnější vitrinit (ICCP 1998). Vitrinit vznikl rozkladem parenchymatických a dřevových pletiv a jejich buněk z kořenů, větví, kůry a listů složených z ligninu, celulózy a taninu. Na stupni rozkladu rostlinných pletiv, stupni humifikace, gelifikace a prouhelnění závisí jeho struktura, fyzikální a chemické vlastnosti. Ve vitrinitu se rozlišuje šest macerálů (telinit, telokolinit, vitrodetrinit, kolodetrinit, korpogelinit a gelinit) podle stupně rozkladu a gelifikace rostlinného materiálu. Vitrinit v černém uhlí vytváří samostatné vrstvy nebo čočky o tloušťce několik mm až několika cm. Je pojivovou hmotou ostatních uhelných složek nebo se vyskytuje ve formě amorfních výplní buněk, pórů a puklin (Taylor et al. 1998; ICCP 1998).

Macerály skupiny liptinitu (sporinit, kutinit, alginit, rezinit, exsudatinit, liptodetrinit, bituminit) vznikly z organismů a částí rostlin na bázi lipidních, pryskyřičných a voskových látek s vysokým obsahem vodíku a nejnižší světelnou odrazností (Taylor et al. 1998; Diesel, 2010). Inertinit zahrnuje primárně oxidované části rostlinných pletiv a orgánů vzniklé při požárech a procesech spojených se zvětráváním a mikrobiální činností, které se vyznačují zvýšeným obsahem uhlíku, sníženým obsahem vodíku a světelnou odrazností vyšší než vitrinit (van Krevelen, 1993; ICCP 2001). Nedílnou součástí uhlí a antracitů jsou minerální látky zejména jílové minerály, karbonáty, křemen, sulfidy a řada akcesorických minerálů (Bouška, 1981; Taylor et al. 1998).

3. Metodika

Tabulka 4 Vzorky uhlí ekibastuzské a karagandské pánve

Číslo	Index vzorku USMH	Sloje
1	12/399	K 10
2	12/400	K 12
3	12/401	K 18
4	12/402	1
5	12/403	2
6	12/404	3A
7	12/405	3B
8	12/406	3V
9	12/407	3G
10	12/408	3D
11	12/409	3E
12	12/410	3Ž
13	12/411	3Z

Poznámky: Vzorky 12/399 až 12/401 jsou z karagandské pánve (saranské pole, důl „Saranská“). Vzorky 12/402 až 12/411 pocházejí z ekibastuzské pánve (lom Bogatyr).

Po metodické stránce se diplomová práce sestává ze dvou hlavních částí: terénní a laboratorní.

3.1. Terénní práce

Terénní práce byly vzhledem k dostupnosti lokalit prováděny pouze v průběhu srpnu v rámci terénní sezony v roce 2012.

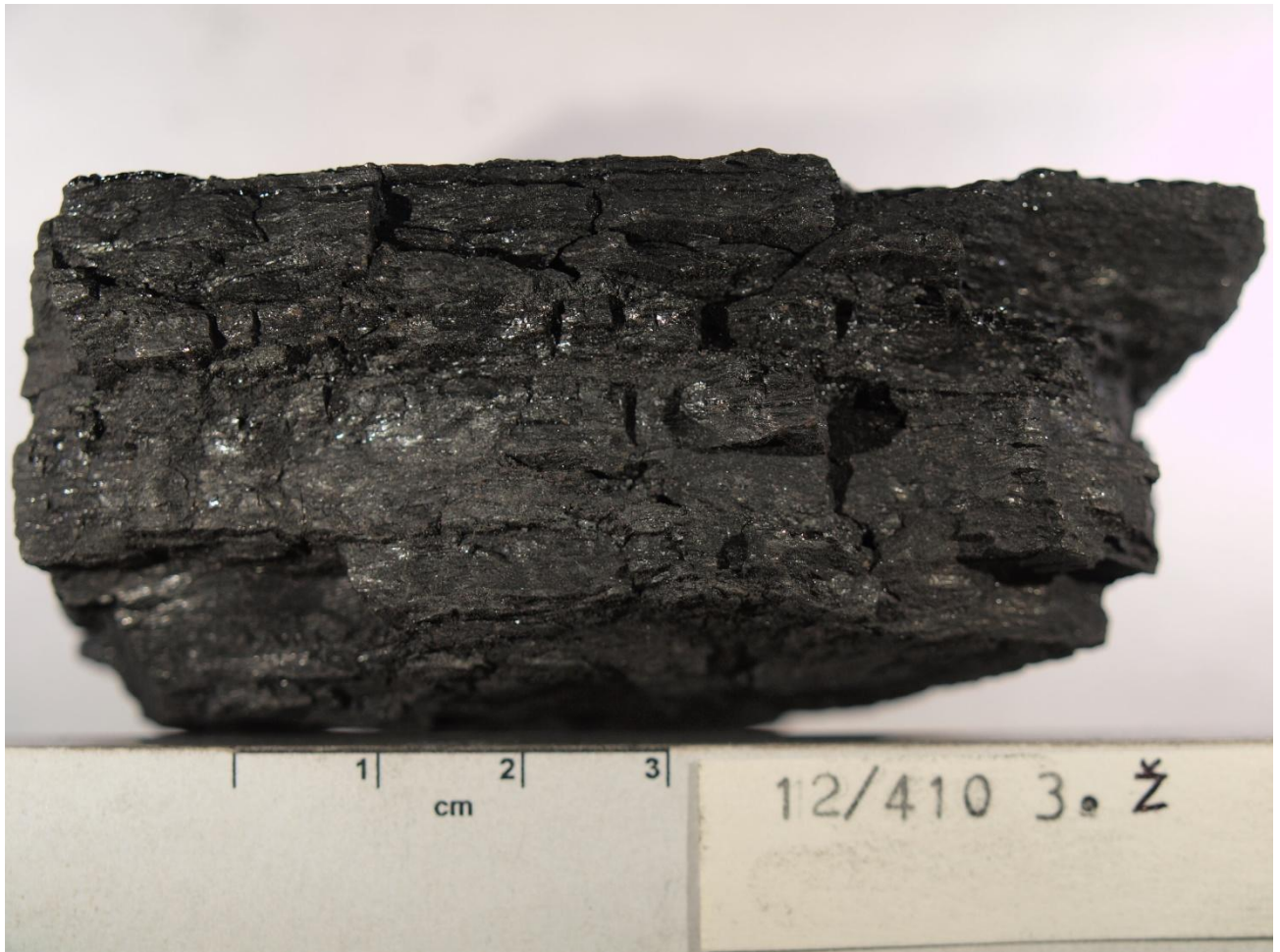
Těžištěm terénních prací byl odběr vzorků uhelné sloje těžené v ekibastuzské pánvi v lomu „Bogatyr“ (obr. 11) a v saranském poli karagandské pánve přístupné v dole „Saranská“. Bylo odebráno celkem 13 kusových vzorků uhlí z různých částí slojí k makro,- i mikropetrografickému popisu. Souvislé profilování slojí však nebylo z časového a zejména bezpečnostního důvodu prováděno. Vzorky z dolu „Saranská“ byly vzhledem k omezenému vstupu do hlubinného dolu odebrané důlním geologem.



Obr. 11. Lom Bogatyr.



Obr. 12. Lesklé uhlí páskované z dolu „Saranská“. Minerály: P-pyrit, S-siderit.



Obr. 13. Uhlí z lomu „Bogatyr“ sloj č.3 látka „ž“

Uhlí z dolu „Saranská“ je většinou celkově lesklejší vzhledem k vyššímu stupni prouhelnění a nižší popelnatosti. Petrograficky jej tvoří převážně páskovaná uhlí (obr. 12).

Uhlí z lomu „Bogatyr“ jsem odebíral osobně pod dozorem důlního geologa, který poskytl informace o přesné pozici odebíraných vzorků. Uhlí z této lokality jsou celkově méně lesklá a po petrografické stránce převážně matná, ev. matná uhlí páskovaná (obr. 13). Také v porovnání s uhlím z dolu „Saranská“ obsahují více příměsí v podobě rozptýlených popelovin i horninových proplástek či jílových lamin.

Celkově v ekibastuzské pánvi bylo odebráno podle pokynů geologa uhelného lomu „Bogatyr“ 10 vzorků a 3 vzorky se saranského pole karagandské pánve. Přehled vzorků a jejich stratigrafická pozice jsou uvedeny v tabulce 4. Jeden z makroskopických obrázků je zobrazen na obrázku 14.



Obr. 14. Uhlí ze saranského pole karagandské pánve, důl „Saranská“, sloj č. K12

3.2. Laboratorní práce

Vzorky uhlí z karagandské a ekibastuzské pánve (Kazachstán) odebrané pro účely diplomové práce, jejichž seznam je v tabulce 4, byly zpracovávány a analyzovány v Oddělení geochemie v Ústavu struktury a mechaniky hornin AV ČR v Praze. Úkolem bylo stanovit základní kvalitativní parametry uhelných vzorků. Kromě petrografických parametrů (světelné odraznosti, mikropetrografického složení) byly stanoveny chemické a technologické parametry: obsah popela, vody, síry, uhlíku, vodíku, dusíku a prchavé hořlaviny. Prvky C, H, N, S byly změřené na mikroanalyzátoru firmy Thermo Finnigan.

Získané výsledky byly porovnány s publikovanými údaji z geologického průzkumu ložisek a v dosud nepublikovaných zprávách.

3.2.1 Úprava vzorků uhlí

Kusy uhlí byly umleté na zrno o velikosti pod 3 mm, ze kterého byl kvartací oddělený vzorek umletý na zrno pod 1 mm, ze kterého kvartací byl odebrán podíl na přípravu zrnových

nábrusů a druhý díl byl jemně umletý na zrna o velikosti zrn pod 0,2mm pro chemicko-technologické analýzy.

3.2.2. Příprava uhelných nábrusů

Všechny vzorky jsou označeny ve tvaru XX/YYYY (např. 12/399), kde číslo před lomítkem ukazuje rok a číslo za lomítkem pořadové číslo vzorku.

Uhelné nábrusy jsem připravoval z namletého uhelného vzorku o velikosti zrna pod 1 mm. Takto připravený vzorek jsem smísil s epoxidovou pryskyřicí a vzniklou směs, jsem nalil do formy novodurového kroužku o průměru 35 mm a výšce 25 mm. Po dobu 45 až 70 minut jsem prováděl vytvrzování v sušárně temperované při teplotě 100 – 120 °C. Po potřebném vytvrzení jsem pokračoval v přípravě nábrusu broušením a leštěním.

Broušením se dosahuje vyhlazení povrchu nábrusu tak, aby byl povrch zbaven veškerých, pouhým okem pozorovatelných nerovností a na tomto povrchu byla zřetelně vidět uhelná zrna. Broušení jsem prováděl na poloautomatické brusce a leštičky Leco GPX 300 (obr. 15) používané pro přípravu zrnových nábrusů systémem postupného broušení a leštění nábrusů. Po ukončení broušení podle vizuální kontroly stavu povrchu nábrusu jsem přistoupil k leštění.



Obr. 15. Leco GPX 300 poloautomatická bruska a leštička pro přípravu zrnových nábrusů systémem postupného broušení a leštění nábrusů.

Leštění jsem prováděl rovněž na rotujícím kotouči stejného brusného zařízení (obr. 15), pomocí suspenze oxidu zinečnatého. Tento proces trval přibližně 2-3 minuty a poté jsem

zbytky leštícího média odstranil krátkým přešetěním nábrusu na kulečnickém sukne v proudu vody. Leštění bylo ukončeno, když z povrchu nábrusu lehce stékala voda a konečný stav povrchu byl zkontrolován pod mikroskopem za použití suchého objektivu při celkovém zvětšení 150x.

3.2.3. Metodika mikropetrografických měření

Mikropetrografická měření dle mezinárodní normy ISO 7404 zahrnují stanovení světelné odraznosti vitrinitu jako parametru prouhelnění a stanovení detailního macerálového složení skupin vitrinitu, liptinitu a inertinitu.

Měření odraznosti a stanovení kvantitativního a kvalitativního macerálového složení (obsah macerálů skupiny vitritu, inertinitu a liptinitu) a orientačního mineralogického složení (jílové minerály, sulfidy, karbonáty, křemen a ostatní minerály blíže neidentifikovatelné touto metodou) uhelných vzorků jsem provedl metodou bodové integrační analýzy za použití mikroskopu UMSP 30-Petrofy Opton – Karl Zeiss vybaveného fotometrem, fluorescenčním uspořádáním a bodovým integrátorem Eltinor (obr. 16), sloužícím k automatickému posunu nábrusu a registraci četností jednotlivých měřených mikrokomponent. Měření světelné odraznosti a macerálové složení probíhalo za podmínek: imerzní objektiv o zvětšení 40x, monochromatické světlo $\lambda = 546 \text{ nm}$, prostředí olejové imerze s indexem lomu $n = 1,518$.

Nábrus jsem upevnil, provedl zaostření objektů v nábrusové ploše a v případě měření světelné odraznosti proměřoval plošky vitrinitu vymezené měřicí clonou po celé ploše nábrusu. Změřené hodnoty se automaticky evidovaly, přepočítaly podle hodnoty odraznosti optického standardu YAG s odrazností 0,894%. Výsledkem měření je průměrná hodnota střední ($\%R_o$) nebo-li náhodné ($\%R_r$) světelné odraznosti. V případě macerálového složení jsem posouval po ekvidistantních skocích integračního stolku pod objektivem v liniích po celé ploše nábrusu, které byly od sebe stejně vzdálené. Na integračním zařízení jsem registroval jednotlivé macerály a to vždy v okamžiku, kdy se nitkový kříž v okuláru kryl s příslušným macerálem.

U každého vzorku jsem proměřoval dva nábrusy s počtem 250 – 450 bodů na každém. Ze získaných dat jsem vypočítal zastoupení jednotlivých macerálů v objemových procentech. Aritmetický průměr měření u preparátů byl potom výsledkem macerálového rozboru vzorku.



Obr. 16. Mikroskop UMSP 30 s bodovým integrátorem a digitálním ukazatelem naměřených hodnot odraznosti.

4. Výsledky

4.1 Stanovení světelné odraznosti

Změřené hodnoty světelné odraznosti jsou uvedené v tabulce 5. V případě celé kolekce vzorků se odchylky od standardu (σ) pohybovaly v rozmezí 0,05 – 0,09, což odpovídá slojovým vzorkům se $\sigma < 0,10$. Světelná odraznost kolotelinitu vzorků ze saranského pole karagandské pánve je výrazně vyšší – má vyšší prouhelnění, než odraznost kolotelinitu méně prouhelněné uhelné hmoty z lomu Bogatyr v ekibastuzské pánvi.

4.2. Macerálové složení vzorků

Analyzoval jsem všech 13 odebraných vzorků uhlí z karagandské a ekibastuzské pánve.

Tab. 5. Macerálové složení vzorků studovaných slojí karagandské a ekibastuzské pánve

Číslo	Číslo vzorku a označní sloje	Světelná odraznost R_r (%)	Složení macerálových skupin a minerály (obj. %)			
			V	L	I	Minerály
1	12/399-K10	1,25	34,8	0,8	50,8	13,6
2	12/400-K12	1,46	24,2	0	71,7	4,1
3	12/401-K18	1,33	75,4	0	9,8	14,8
4	12/402-1	0,94	50,8	5,3	30,8	13,1
5	12/403-2	0,99	21,3	12	40,4	17,5
6	12/404-3A	1,04	60,8	13,5	15	10,7
7	12/405-3B	0,95	15,8	6,5	20,1	57,6
8	12/406-3V	0,97	31,8	7,5	48,7	12
9	12/407-3G	0,96	14,1	13,6	40,1	37,8
10	12/408-3D	1,02	28,7	7,6	36,5	27,2
11	12/409-3E	1,02	27,6	10,8	39,9	21,7
12	12/410-3Ž	0,99	22,7	11,4	38	27,9
13	12/411-3Z	0,97	33,2	6,4	38,2	22,2

Poznámky: Vzorky 12/399 až 12/401 jsou z karagandské pánve (sarské pole). Vzorky 12/402 až 12/411 jsou z pánve ekibastuzské (lom Bogatyr).

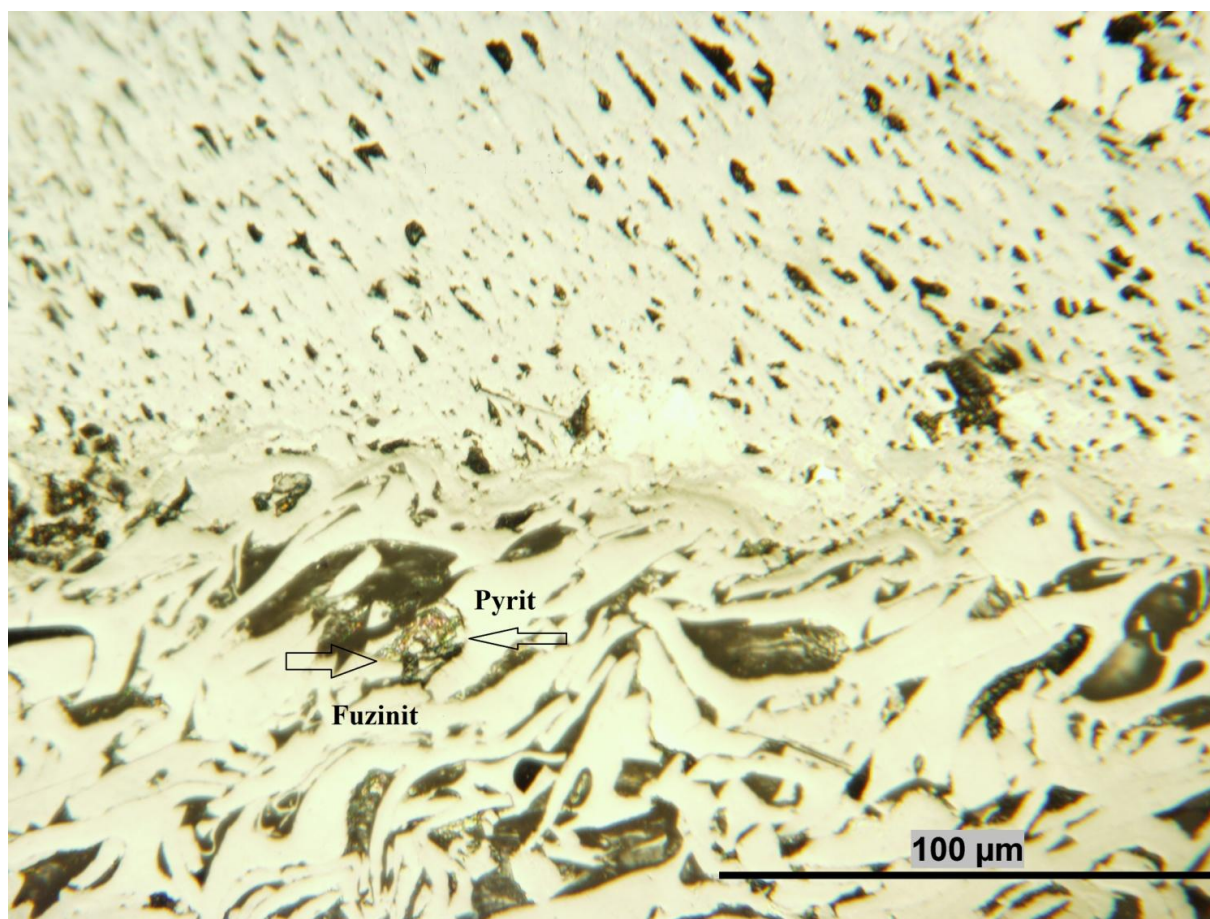
Zastoupení macerálových skupin ve vzorcích ukazuje tabulka 5. Podíl jednotlivých macerálů je uveden v tabulkách 6 (karagandská pánev) a 7 (ekibastuzská pánev). Abych mohl porovnat macerálové složení sloji mezi sebou, sledoval jsem průměrné, nejvyšší a nejnižší hodnoty macerálů v jednotlivých slojích.

4.2.1. Karagandská pánev – saranské pole

Prováděl jsem macerálovou analýzu vzorků odebraných ze slojí K10, K12 a K18.

4.2.1.1. Sloj K₁₀ (vzorek 12/399)

Sloj K10 reprezentoval jediný vzorek odebraný na horizontu ± 0 m.n.m. (B.p.v.) v hloubce -430 m. Ve studovaném uhlí převládají macerály ze skupiny inertinitu nad vitrinitem. Podíl liptinitu je velmi nízký (Tabulky 5 a 6).



Obr. 17. Inertinit: semifuzinit a fuzinit s framboidem pyritu, sloj K10 (vzorek 12/399)

Tab. 6 Zastoupení macerálů a macerálových podskupin a skupin a minerálů ve vzorcích 12/399 (K10), 12/400 (K12) a 12/401 (K18)

Sloj	V	Tv	T	Kt	D	V	Kd	G	Kg	G	L	S	K	A	R	E	L	B	I	Fz	Sf	F	Se	Ma	Mi	Id	M	J.M	S	K	Kř
K10	34,8	29,8	0	29,8	5	1,3	3,7	0	0	0	0,8	0,8	0	0	0	0	0	0	50,8	12,3	20,7	0,5	0	1,8	6,5	8,6	13,6	4,9	0,3	7,4	1
K12	24,2	21,5	0	21,5	2,3	2,3	0	0,4	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71,7	19,2	32,3	0,4	0,7	6,8	4,1	8,2	4,1	3,7	0	0	0,4
K18	75,4	59,6	0	59,6	13	2,1	10,9	2,8	2,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,8	2,1	3,1	0,4	0	0,7	1	2,5	14,8	8,8	0,3	3,7	2

Tab. 7. Zastoupení macerálů a macerálových skupin a minerálů ve vzorcích z ekibastuzské pánve

Sloj	V	Tv	T	Kt	D	V	Kd	G	Kg	G	L	S	K	A	R	E	L	B	I	Fz	Sf	F	Se	Ma	Mi	Id	M	J.M	S	K	Kř
1	50,8	42,2	0	42,2	8,2	1	7,2	0,4	0,4	0	5,3	2,9	0,1	0,5	0,6	0	1,2	0	30,8	5	12,4	0,6	0,5	2,9	4,1	5,3	13,1	11,9	0	0,8	0
2	30	21,3	0	21,3	8,1	1,6	6,5	0,6	0,6	0	12	7,4	0,3	1,6	0	0	2,7	0	40,4	13,6	14,9	0,6	0	4,2	0	7,1	17,5	15	0	1,6	0
3A	60,8	44,7	0	44,7	15,6	1,3	14,3	0,5	0,5	0	13,5	9,8	0	1,3	0,2	0	2,2	0	15	5,7	6,5	0,2	0	0,8	0,8	1	10,7	7,3	0,2	1,8	1,4
3B	15,8	11,1	0,4	10,7	4,7	3,2	1,5	0	0	0	6,5	3,2	0	1,4	0,7	0	1,2	0	20,1	7,7	4,3	0,7	0	3,5	0	3,9	57,6	42,7	0,7	5	9,2
3V	31,8	19,7	0	19,7	11,7	1,1	10,6	0,4	0,4	0	7,5	4,6	0	0,9	0	0	2	0	48,7	14,8	20,1	0,5	0	3,8	2,2	7,3	12	8,1	0	3,5	0,4
3G	14,1	7,7	0	7,7	5,8	0,9	4,9	0,6	0,6	0	13,6	9,4	0	1,1	0,8	0	2,3	0	40,1	15,4	13,7	0,8	0,5	4,5	0	5,2	32,2	26,5	0,3	0,9	4,5
3D	28,7	22,7	0	22,7	5,5	0,9	4,6	0,5	0,5	0	7,6	4,5	0	1	0,5	0	1,6	0	36,5	7,3	19,8	0,5	0,7	2,9	0,9	4,4	27,2	23	0,5	2	2
3E	27,6	20,7	0	20,7	6,4	0,8	5,6	0,5	0,5	0	10,8	5,2	0	2,1	0,6	0	2,9	0	39,9	3,3	25,6	0,3	0,5	2,8	2	5,4	21,7	19,2	0,2	1,6	0,7
3Ž	22,7	16	0	16	6,4	0,9	5,5	0,3	0,3	0	11,4	7,8	0,2	0,5	1	0	1,9	0	38	18,6	11	0,5	0,7	3,8	0,4	3	27,9	24,5	0,2	3,2	0
3Z	33,2	26,2	0	26,2	6,4	1,7	4,7	0,6	0,6	0	6,4	5,3	0	0,4	0	0	0,7	0	38,2	11,4	17,6	0,4	0,2	2,8	1,1	4,7	22,2	20,1	0,8	1,3	0

Poznámky: Macerálová skupina: **V-vitrinit** (**Tv-** telovitrinit, **t-**telinit, **kt-**kolotelinit; **D-detrovitrinit**, **v-**vitrodetrinit, **kd-**kolodetrinit; **G-gelovitrinit**, **kg-**koropogelinit, **g-**gelinit); **L-liptinit** (**s-**sporinit, **k-**kutinit, **a-**alginit, **r-**rezinit, **e-**exsudatinit, **l-**liptodetrinit, **b-**bituminit); **I-inertinit** (**fz-** fuzinit, **sf-** semifuzinit, **f-**funginit, **se-**sekretinit, **ma-**makrinit, **mi-**mikrinit, **id-**inertodetrinit). **M-minerály**; **J.M.-jílové minerály**; **S-siderit**; **K-karbonáty**; **Kř-křemen**.

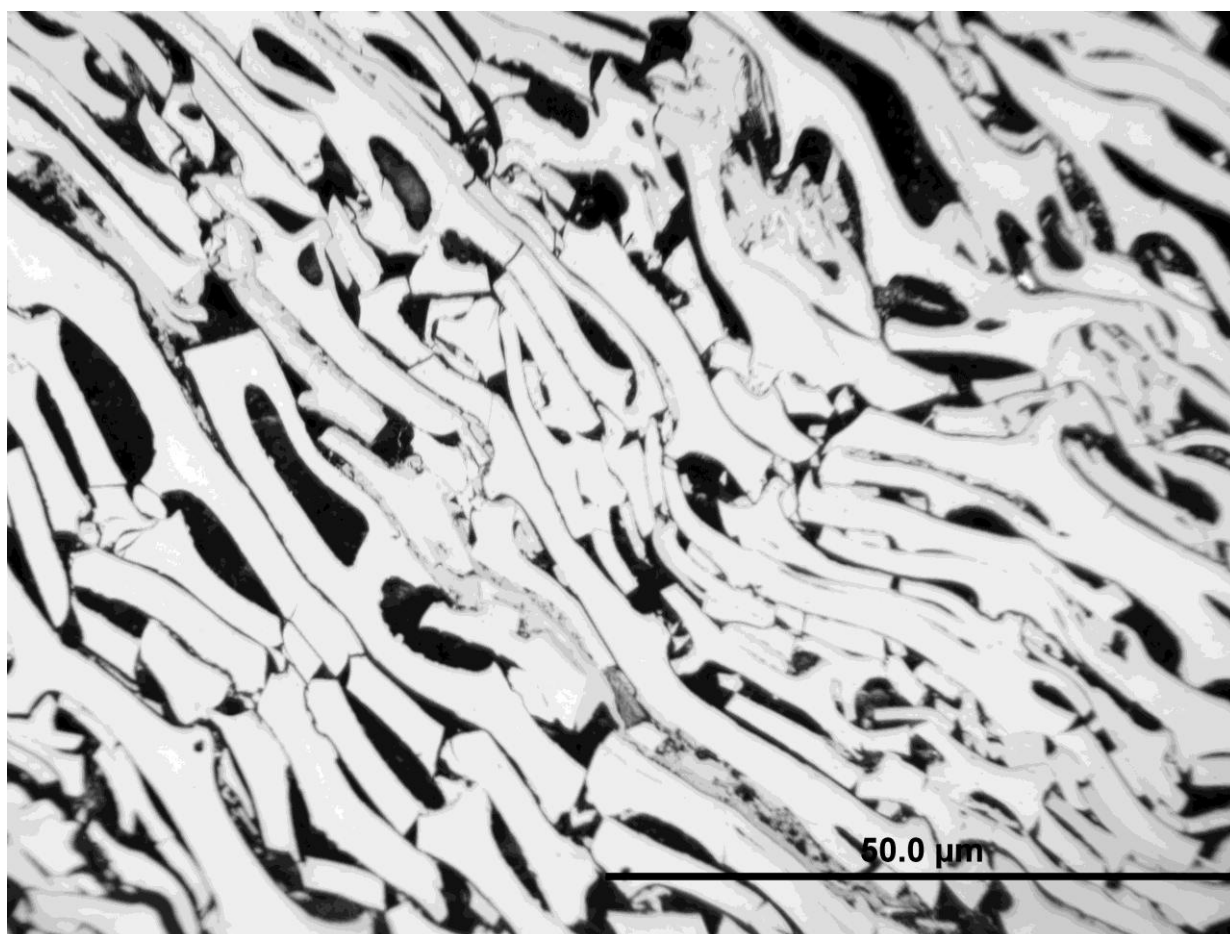
Dominantní macerálovou podskupinou vitrinitu je telovitrinit zastoupený převážně kolotelinitem. Detrovitrinit tvoří tenčí polohy kolodetrinitu a méně časté zlomky vitrinitu menší než 10 μ m označované jako vitrodetrinit. Gelinit a korpogelinit z podskupina gelovitrinitu nebyl zjištěný. Z macerálové skupiny liptinitu se vzácně vyskytoval sporinit.

Nejhojnějším macerálem inertinitu je semifuzinit (Obr.17), který má odraznost vyšší než vitrinit a nižší než fuzinit a má méně zachovalou buněčnou stavbu než fuzinit. Méně častý byl vysoce odrazný fuzinit a makrinit. Jemnozrný mikrinit tvořil nepravidelné pásy v kolodetrinitu. Ojedinele se vyskytovaly pozůstatky hub - funginit a sekretinit.

Podíl minerální hmoty ve vzorku činí 13,6 %, s nejnižší hodnotou 0,3 % u sulfidů a nejvyšším obsahem u karbonátů, především seditů který dosahuje 7,4 %. Kromě toho zde jsou jíly (4,9 %), křemen (1 %).

4.2.1.2. Sloj K₁₂ (vzorek 12/400)

Macerálové složení sloje K12 jsem hodnotil na vzorku odebraného na horizontu ± 0 m.n.m. (B.p.v.) v hloubce -440 m. Výsledek je uvedený v tabulkách 5 a 6.



Obr. 18. Inertinit (fuzinit) ze sloje K12 (vzorek 12/400).

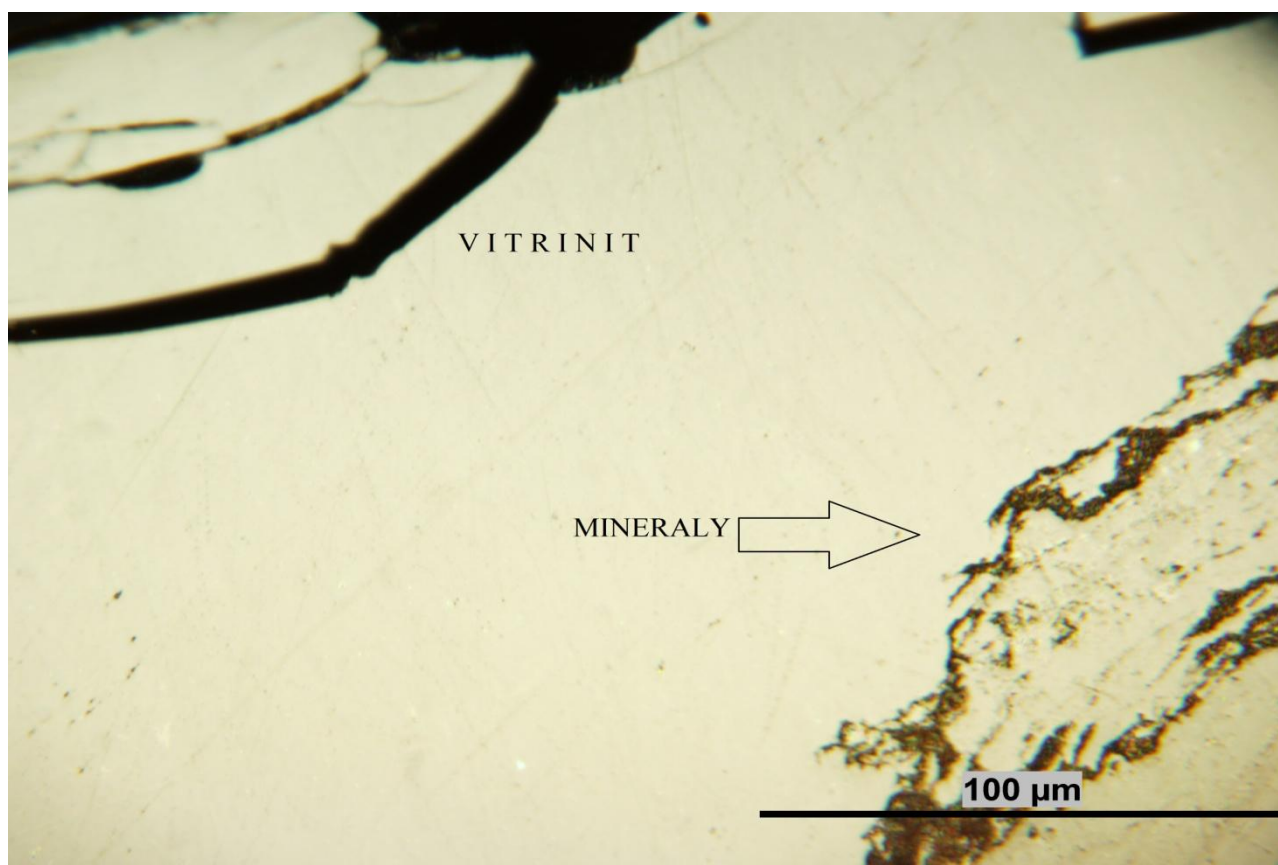
Zastoupení vitrinitu ve vzorku dosahuje 24,2%. Podobně jako v předchozím vzorku, nejméně je zastoupený gelovitrinit (0,4 %) a nejvíce telovitrinit, a to 21,5 %. Z podskupiny detrovitrinitu byly zjištěné pouze zlomky vitrodetrinitu. Macerály liptinitu nebyly pozorovány vzhledem k vyššímu stupni prouhelnění a fuzitizace vzorku.

Obsah macerálové skupiny inertinitu 71,7 % je nejvyšší z celé kolekce. Jako u předešlého vzorku je nejvíce semifuzinitu a nejméně funginitu 0,4 %.

Vzorek se vyznačuje střídáním tmavších a světlejších poloh semifuzinitu a fuzinitu s různým zachováním buněčné struktury, které jsou občas vyplněny karbonáty, zejména kalcitem. Obsah minerálů činí 4,1 %. Zastoupený je jenom křemen (0,4%) a jílové minerály (3,7%).

4.2.1.3. Sloj K₁₈ (vzorek 12/401)

Macerálové složení sloje K₁₈ jsem hodnotil na jediném vzorku odebraného na horizontu -200 m.p.m. (B.p.v.) v hloubce klesající mezi -670 až 700 metrů.



Obr. 19. Vitrinit: telovitrinit – kolotelinit s řídce rozptýlenými světlými krystalky pyritu, na pravém okraji je tence lemovaný jílovými minerály, sloj K₁₈ (vzorek 12/401).

Jedná se o vitrinitové uhlí s obsahem vitrinitu 75,4% (Obr. 19). Dominantní je téměř homogenní kolotelinit (59,6 %). Méně častý je kolodetrinit (10,9%) s jemně zrnitou strukturou a zatmelenými macerály inertinitu, zejména inertodetrinitem. Nejnižší hodnota obsahu složek vitrinitu je u gelovitrinitu (2,8 %). Obsah macerálů skupiny liptinitu k vysokému stupni prouhelnění se rovná 0 %. Obsah macerálů skupiny inertinitu dosahuje 9,8 %. Nejvíce je zastoupen semifuzinit (3,1 %) a nejméně funginit (0,4 %).

Podle analýzy jediné zastoupením macerálem telovitrinitu je kolotelinit, telinit mně ve všech vzorcích chybil. Podíl minerálů ve vzorku činí 14,8 %, nejvíce bylo jílových minerálů, pak karbonátů, zejména sideritu, křemene a nejméně pyritu 0,3 % u sulfidů a nejvyšší hodnotou 8,8 % u jílu.

4.2.2. Ekibastuzské pánev – lom „Bogatyr“

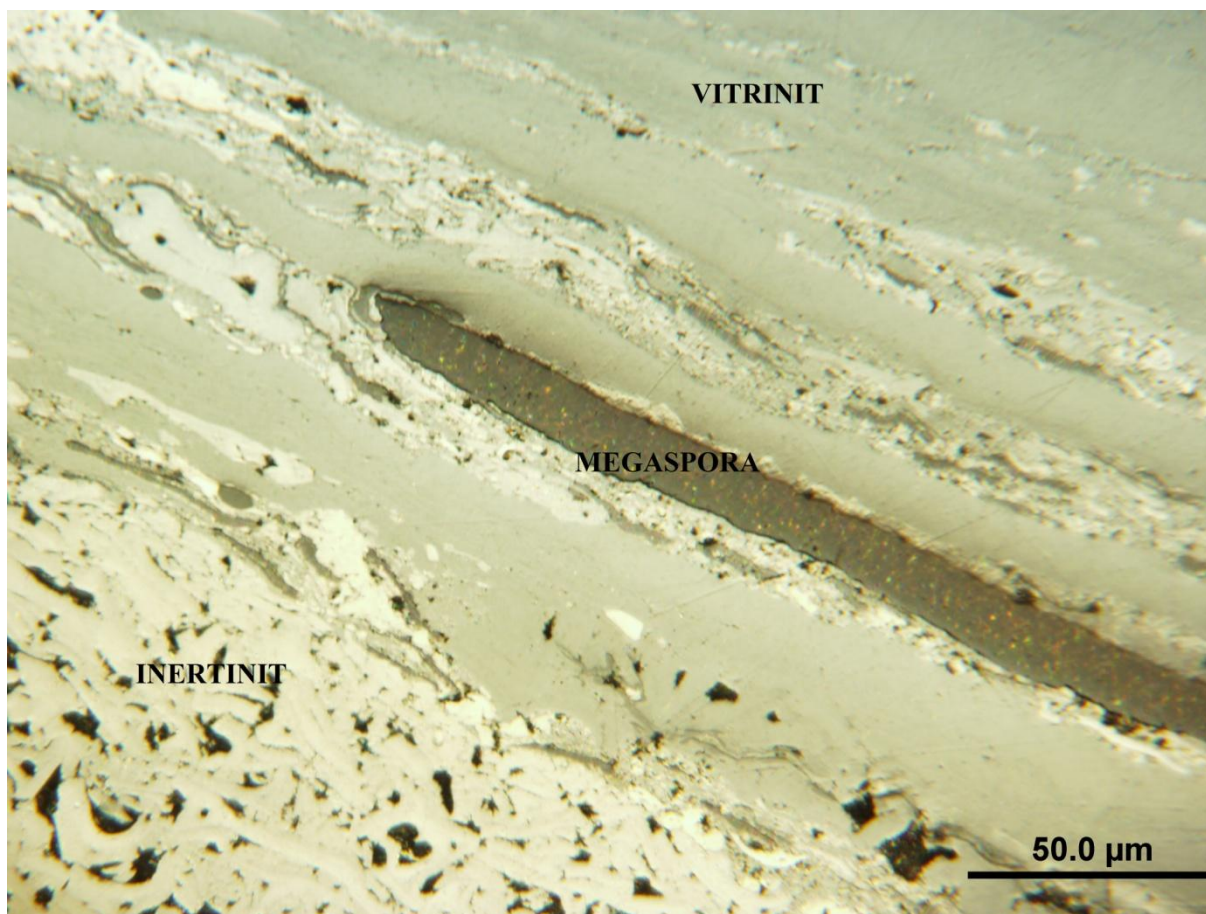
Uhlí 10 vzorků z 10 slojí ekibastuzské pánve se liší od předchozí kolekce nižším stupněm prouhelnění vyjádřeném odrazností kolotelinitu od 0,95% do 1,04%, a zřetelnými macerály liptinitu (Tabulky 5 a 7).

4.2.2.1. Sloj 1 (vzorek 12/402)

Z výsledků je vidět, že zastoupení vitrinitu dosahuje 50,8%. Základ vitrinitu tvoří kolotelinit s občas rozlišitelnou buněčnou strukturou. Kolodetrinit (7,2%) spojuje mikropohy kolotelinitu, fuzinitu a semifuzinitu. Lze v něm rozlišit hnědočerné protáhlé útvary sporinitu včetně masivních velkých útarů megaspor, pásy mikrinitu a rozptýlený inertodetrinit. Nejnižší obsah složek vitrinitu je u gelovitrinitu (0,4 %). Jak bylo výše uvedeno, macerály liptinitu (5,3%) se svou tmavou barvou odlišují od vitrinitu a inertinitu. A díky jejich specifické morfologii a fluorescenci je lze odlišit od jílových minerálů. Nejvíce je sporinitu a liptodetrinitu. Pozorován byl také kutinit a rezinit.

Obsah macerálové skupiny inertinitu je zvýšení (30,8 %). Nejhojnějším macerálem je semifuzinit zastoupený 12,4 %, zatímco nejméně rozšířený je sekretinit.

Podíl minerální hmoty ve vzorku činí 13,1 %, s nejnižší hodnotou 0,4 % u křemenu a nejvyšším obsahem u jílu, který dosahuje 11,9 %. Kromě toho zde jsou karbonáty (0,8 %).



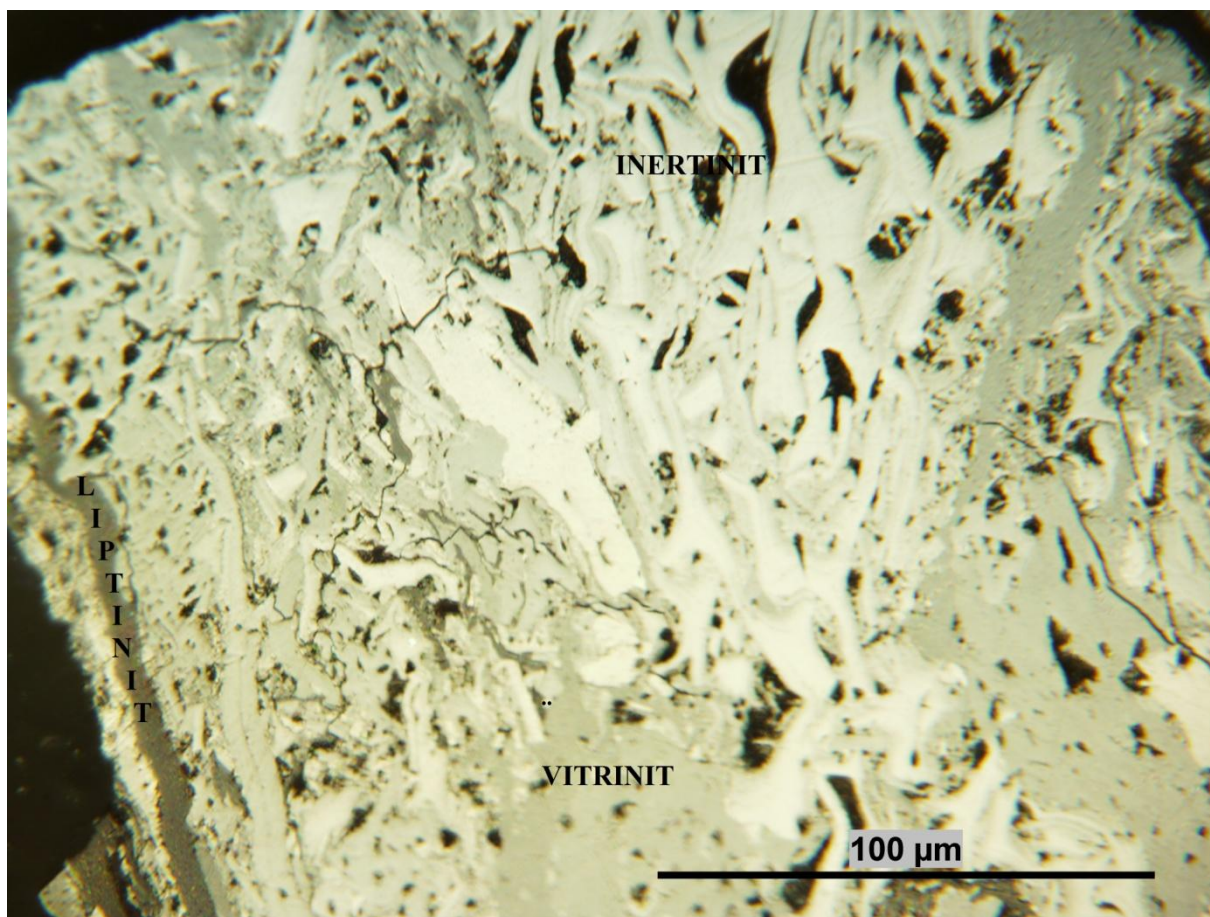
Obr. 20. Vitrinit: telovitrinit, kolodetrinit, inertinit: fuzinit, semifuzinit, mikrinit a inertodetrinit, liptinit: sporinit včetně mohutné tmavé megaspory s drobnými vnitřními reflexy a ojedinělé jemnozrné tmavé jílové minerály ze sloje 1 (vzorek 12/402).

4.2.2.2. Sloj 2 (vzorek 12/403)

Ve vzorku ze sloje 2 převažuje inertinit nad vitrinitem, minerály a liptinitem (tabulky 5 a 7). Zastoupení vitrinitu ve vzorku dosahuje 30 %. Nejnižší obsah složek vitrinitu je u gelovitrinitu a činí 0,6 %. Nejvyšší podíl na složení vitrinitu má telovitrinit, a to 21,3 %.

Oproti předchozímu vzorku je zde více liptinitu (12 %). Nejvíce zastoupený macerál této skupiny je sporinit tvořený sporopoleninovými obaly fosilních spor a pylů. Převládají mikrospory a méně časté jsou megaspory. Z dalších macerálů liptinitu byl identifikován liptodetrinit, alginít a kutnit.

Zastoupení macerálů skupiny inertinitu dosahuje 40,4 %. Nejvyšší je obsah u semifuzinitu 14,9 % a nejnižší funginitu 0,6 %. Obr. 21.



Obr. 21. Inertinit: semifuzinit, fuzinit, inertodetrinit, liptinit: sporinit (mikrospory a vlevo masivní zbytek megaspor), středně šedý vitrinit: telovitrinit a kolodetrinit a řídké rozptýlené jemné jílové minerály ze sloje 2 (vzorek 12/402).

Hodnota minerálního podílu činí 17,6 %, Nejrozšířenější jsou jílové minerály zastoupené 15 % a nejnižší je podíl křemene, a to 0,9 %. Obsah karbonátů dosahuje 1,7 %.

4.2.2.3. Sloj 3 (vzorky 12/404 až 12/411)

Tato sloj se kvůli velké mocnosti dělí na osm lávek. Vzorky uhlí byly odebrány z každé lávky. Písmenné indexy lávek jsou řazeny podle abůky a neodpovídají tedy pořadí v latinské abecedě. Macerálové složení jsem hodnotil na 8 vzorků (tabulka 5 a 7). Uhlí této sloje má stejné prouhelnění jako sloje 1 a 2. Světelná odraznost kolísá od 0,95 do 1,02% R_r .

Lávka 3A (vzorek 12/404)

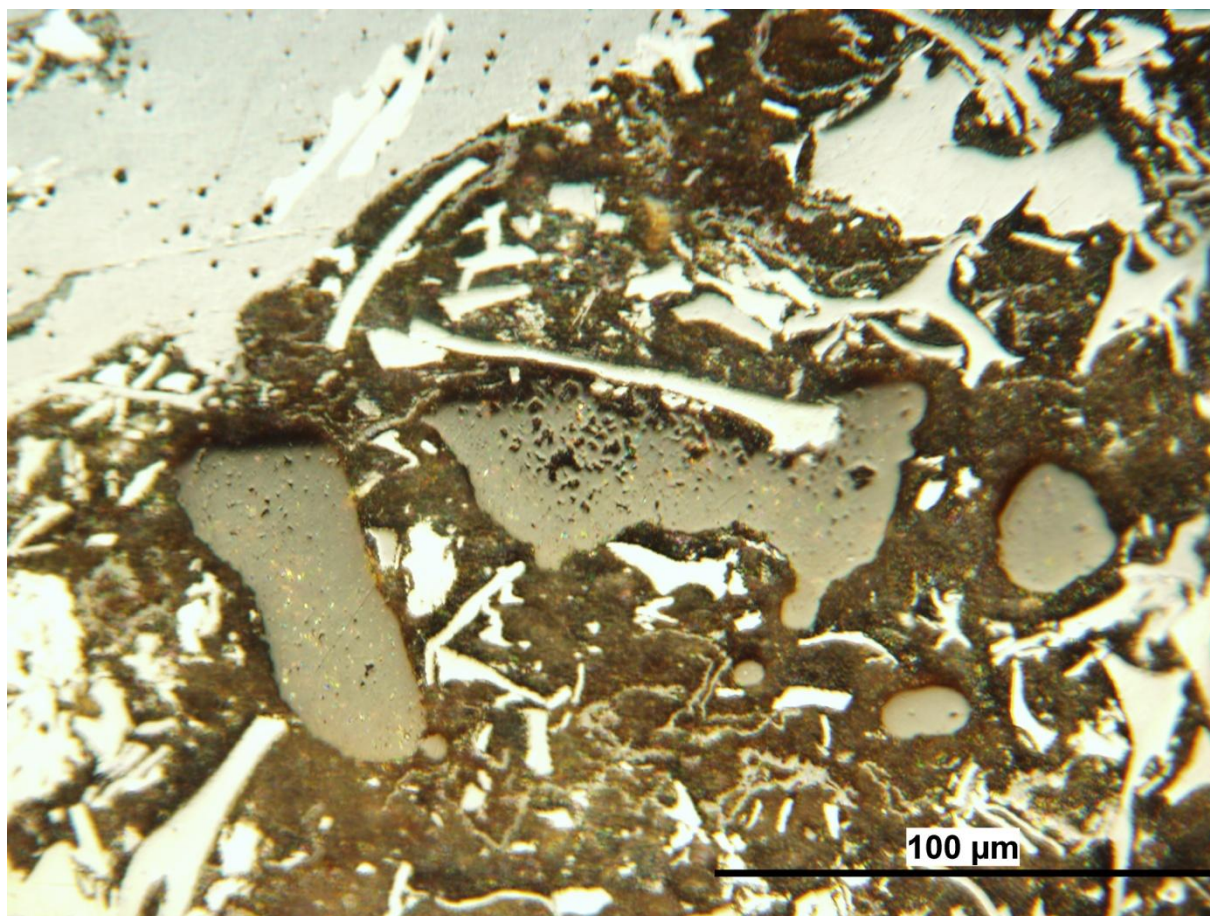
Podíl vitrinitu ve studovaném vzorku dosahuje 60,8 %. Nejméně je přítomen gelovitrinit (0,5 %), nejvíce telovitrinit (44,7 %), zastoupený kolotelinitem. Obsah macerálů skupiny liptinitu činí 13,5 %. Nejvíce je sporinitu (9,8 % mikrospory a masivní megaspor), méně

liptodetrinitu alginitu a nejméně rezinitu (0,2 %). U obsahu macerálů skupiny inertinitu je nižší, jeho se hodnota rovná 15 %. Nejvíce je zastoupen semifuzinit (6,5 %), nejméně funginit (0,2 %).

Podíl minerálů v analýze vzorků činí 10,7 %, s nejvyšší hodnotou u jílu (7,3 %) a nejnižší u sulfidů, a to 0,2 %. Podíl karbonátů činí 1,8 %, a křemene 1,4 %.

Lávka 3B (vzorek 12/405)

Vzorek z lávky 3B reprezentuje nejvíce mineralizované uhlí z celé kolekce vzorků (tabulky 5 a 7). Zastoupení vitrinitu dosahuje 15,8 %, a to telovitrinitu (11,1 %) a detrovitrinitu (4,7 %). U obsahu macerálů skupiny liptinitu se hodnota rovná 6,5 %. Nejhojnějším macerálem je sporinit (3,2 %), nejmenší podíl zaujímá rezinit (0,7 %).



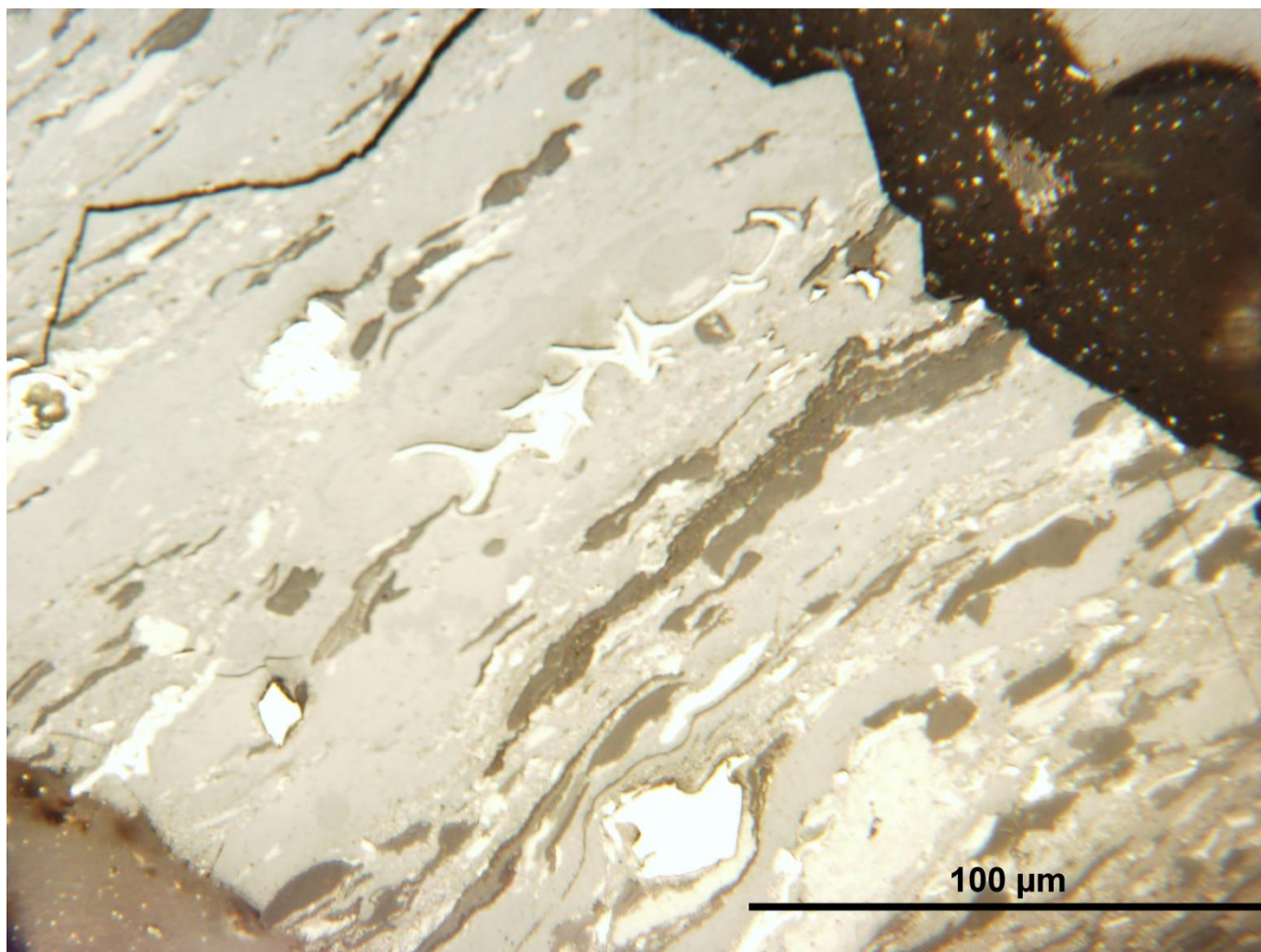
Obr. 22. Světle šedý kolodetrinit se zlomky světlého inertinitu a drobnými tmavými body jílových minerálů je ostře vystřídán masivní polohou tmavých jílových minerálů s šedými a reliéfními fragmenty megaspor a rezinitu a světlými macerály inertinitu. Lávka 3B.

Podíl macerálů skupiny inertinitu je vyšší než u vitrinitu a činí 20,1 %. Nejvíce je

zastoupen fuzinit (7,7 %) a nejméně funginit (0,7 %). Ze směsi minerálů, jejichž podíl ve vzorku dosahuje 57,6 %, převládají jílové minerály (42,7 %), ve kterých se vyskytují zrna křemene (9,2%), karbonátů (5%). Podíl sulfidů činí pouhých 0,7 %. Jílové minerály jsou rozptýlené v organice nebo tvoří různě mocné laminy (obr. 22). Pyrit se vyplňoval drobné pukliny.

Lávka 3V (vzorek 12/406)

Lávku 3V zastupuje poměrně čisté uhlí s nižším obsahem popela, vysokým obsahem inertinitu a menším obsahu vitrinitu a liptinitu (tabulky 5 a 7). Obsah macerálů skupiny vitrinitu činí 31,8 %. S nejnižší hodnotou je u gelovitrinitu (0,4 %), a nejvyšší u telovitrinitu (19,7 %). Podíl liptinitu dosahuje 7,5 %. Dominantním macerálem je sporinit (4,6 %). Naopak



Obr. 23. Střídání poloh kolotelinitu a kolodetrinitu se světlými fragmenty fuzinitu, masivními zrny makrinitu, drobným idertodetrinitem (zrno <10µm) a jemnozrnným mikrinitem (zrno <2µm) a tmavými útvary liptinitu: sporinit, alginit, rezinit a liptodetrinit.

nejméně je zastoupen alginit, jehož podíl činí 0,2 %. Inertinit je dominantní macerálovou skupinou a jeho podíl ve vzorku dosahuje 48,7 %. Nejhojnějším macerálem je semifuzinit (20,1 %) a nejméně je zastoupen funginit (0,5 %). Třetím nejhojnějším zastoupeným macerálem inertinitu po semifuzinitu a fuzinitu je inertodetrinit, makrinit a mikrinit (obr. 23). Poslední tři jmenované macerály inertinitu se liší nejen svým původem ale i svou velikostí zrn, která je makrinit > inertodetrinit (zrno pod 10 μ m) > mikrinit (zrno pod 2 μ m) viz ICCP (2001).

Podíl minerální hmoty ve vzorku činí 12 %, s nejvyšší hodnotou u jílu (8,1 %) a s nejnižším obsahem u křemene, kde dosahuje 0,2 %. Zastoupeny jsou těž karbonáty (3,5%).

Lávka 3G (vzorek 12/407)

Lávku 3G reprezentuje vzorek uhlí s vysokým obsahem inertinitu a minerálů a s nižším obsahem vitrinitu a liptinitu (tabulky 5 a 7). U obsahu macerálů skupiny vitrinitu se hodnota rovná 14,1 %. Nejméně je zastoupený gelovitrinit (0,6 %), a nejvíce telovitrinit, a to 7,7 %. Obsah macerálů skupiny liptinitu činí 13,6 %. Nejméně je zastoupen rezinit (0,8 %), a naopak nejvyšší je obsah u sporinit – 9,4 %. Z analýzy je patrné, že dominantní macerálovou skupinou je inertinit o obsahu 40,1 %. Nejvyšší obsah má fuzinit (15,4 %), a nejnižší je u sekretinitu (0,5 %).

Obsah minerální složky je 32,2 %, z nichž je nejvíce jílových minerálů (26,5 %), méně křemene (4,5%) a nejméně karbonátů (0,9%) a sulfidů (0,3 %).

Lávka 3D (vzorek 12/408)

Z lávky 3D byl odebrán vzorek uhlí s příznivějším petrografickým složením než předchozí vzorek (tabulky 5 a 7). Obsah vitrinitu ve vzorku dosahuje 28,7 %. Nejméně rozšířeným macerálem je gelovitrinit (0,5 %), nejhojnější je telovitrinit, a to 22,7 %. U macerálové skupiny liptinitu se hodnota rovná 7,6 %. Nejnižší hodnotu má rezinit (0,5 %), a nejvyšší je u sporinitu 4,5 %. Obsah macerálové skupiny inertinitu dosahuje 36,5 %. Nejhojnějším macerálem je semifuzinit zastoupený 19,8 %, naopak nejnižší je u funginitu 0,5 %.

Obsah minerálů je 27,5 %. Nejrozšířenější jsou jílové minerály (23 %), nejméně je sulfidů (0,2 %).

Lávka 3E (vzorek 12/409)

Lávku 3E reprezentuje uhlí s menším podílem minerální příměsi a s dominantním inertinitem, menším vitrinitem a nejmenším liptinitem (tabulky 5 a 7). U macerálové skupiny vitrinitu se obsah rovná 27,6 %. Nejnižší obsah složek vitrinitu je u gelovitrinitu (0,5 %). Nejvyšší podíl na složení vitrinitu má telovitrinit, a to 20,7 %. Zastoupení liptinitu ve vzorku dosahuje 10,8 %. Nejnižší obsah složek liptinitu je u rezinitu (0,6 %), a nejvyšší je u sporinitu 5,2 %. Zastoupení macerálů skupiny inertinitu dosahuje 39,9 %. Nejvyšší hodnota je u semifuzinitu 25,6 % a nejnižší je u funginitu 0,3 %.

Podíl minerální složky je 21,7 %. Nejhojnější jsou jílové minerály (19,2 %) a nejméně zastoupeny sulfidy (0,2 %). Kromě toho obsahují karbonáty (1,6 %) a křemen (0,7 %).

Lávka 3Ž (vzorek 12/410)

Vyšší obsah minerálních látek, vyšší obsah inertinitu než vitrinitu a liptinitu jsou v reprezentativním vzorku uhlí z lávky 3Ž (tabulky 5 a 7). Zastoupení macerálů skupiny vitrinitu dosahuje 22,7 %. Nejnižší hodnota je u gelovitrinitu (0,3 %), a nejvyšší je u telovitrinitu, a to 16 %. Podíl macerálů skupiny liptinitu se rovná 11,4 %. Nejméně rozšířený je kutinit (0,2 %), naopak nejhojnější je sporinit (7,8 %).

Obsah macerálové skupiny inertinitu dosahuje 38 %. Nejhojnějším macerálem je fuzinit (18,6 %) zatímco podíl nejméně rozšířeného mikrinitu činí pouhých 0,4 %.

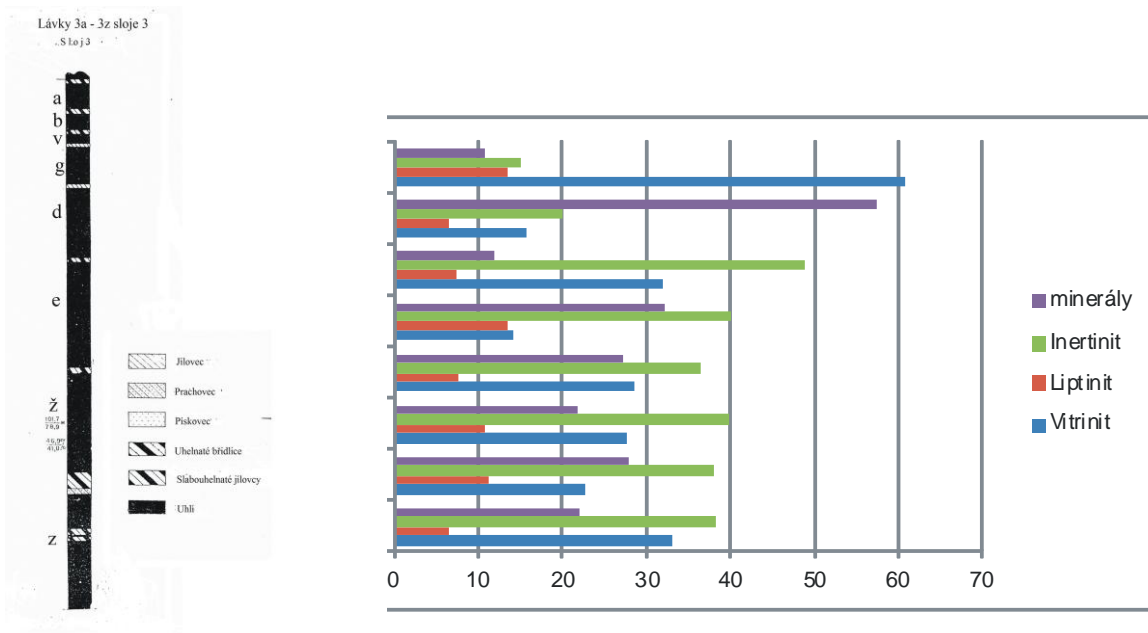
Obsah minerální složky je 27,6 % a na jejím složení se podílí především jíly (24,5 %). Podíl karbonátů činí 3,2 % a sulfidů 0,2 %.

Lávka 3Z (vzorek 12/411)

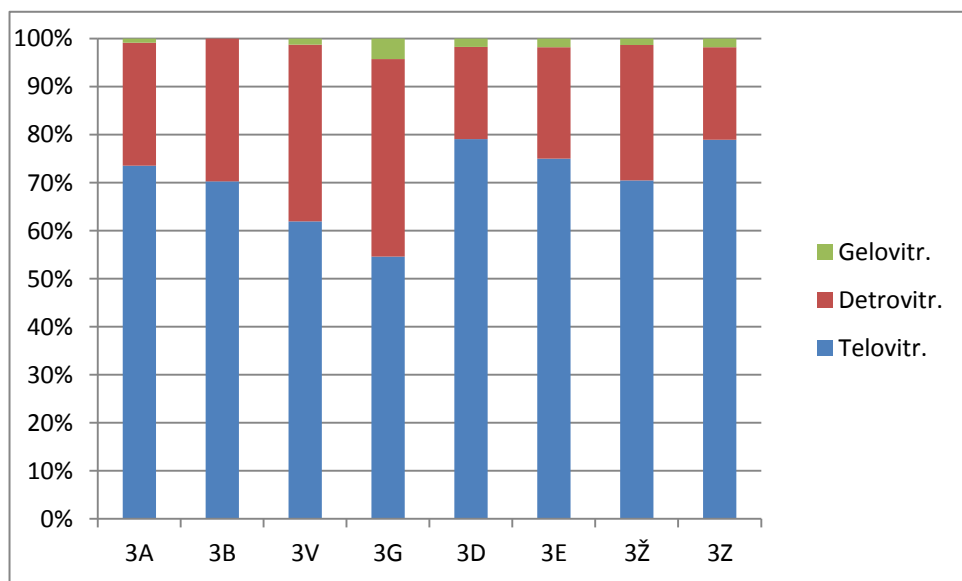
Posledním vzorkem uhlí ze třetí lávky 3Z je uhlí, které svým složením koresponduje předchozímu vzorku, jen má nižší obsah liptinitu (tabulka 5 a 7). Podíl vitrinitu ve studovaném vzorku dosahuje 33,2 %. Nejnižší obsah vykazuje gelovitrinit (0,6 %) a nejvyšší telovitrinit (26,2 %). U macerálové skupiny liptinitu se hodnota rovná 6,4 %. Nejnižší je podíl alginitu (0,4 %), nejvyšší je obsah sporinitu (5,3 %). U obsahu macerálů skupiny inertinitu se hodnota rovná 38,2 %. Nejvíce je zastoupen semifuzinit (17,6 %), nejméně sekretinit (0,2 %).

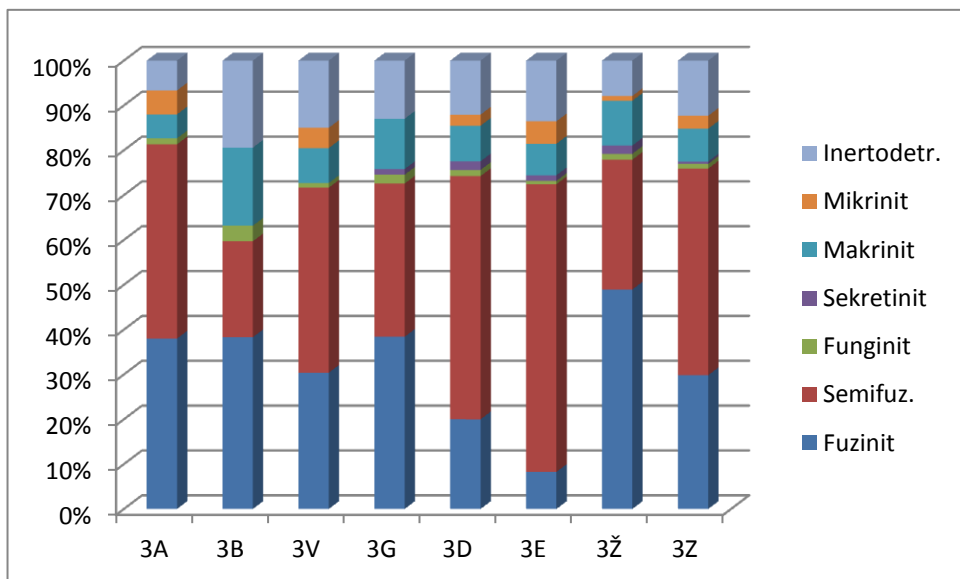
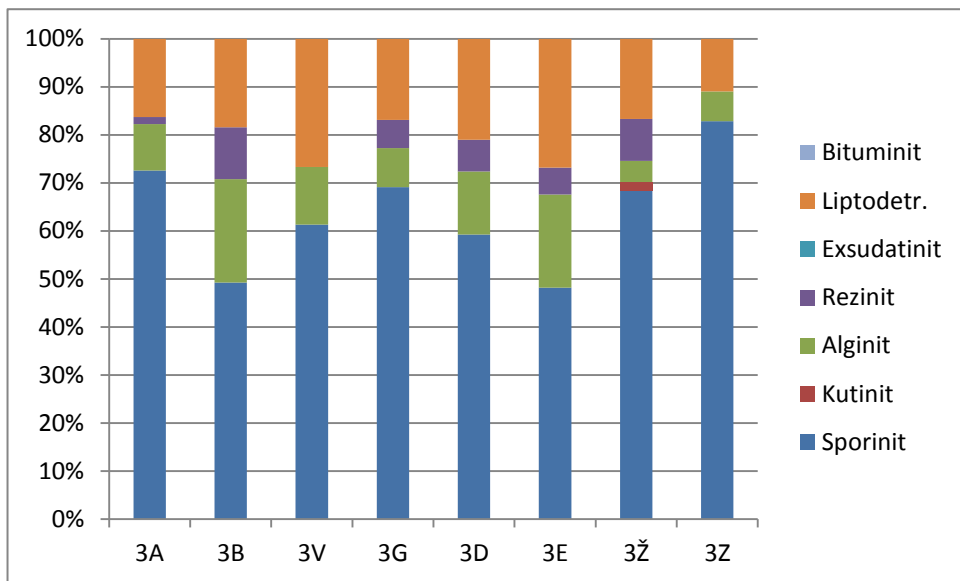
Obsah minerálů činí 22,2 %, nejvyšší hodnota je u jílu (20,1 %) a nejnižší je u sulfidů (0,8 %).

Vzorky nerepresentují celou mocnost sloje, ale pouze bodově odebrané vzorky ze sloje č. 3. Z analýz vzorků je patrna převaha inertinitu nad ostatními macerálovými skupinami. Na obrázku 24 je uveden procentuální obsah macerálových skupin a minerálů. Ostatní grafy ukazují procentuální obsah macerálů vitrinitu, liptinitu, inertinitu a minerálů.

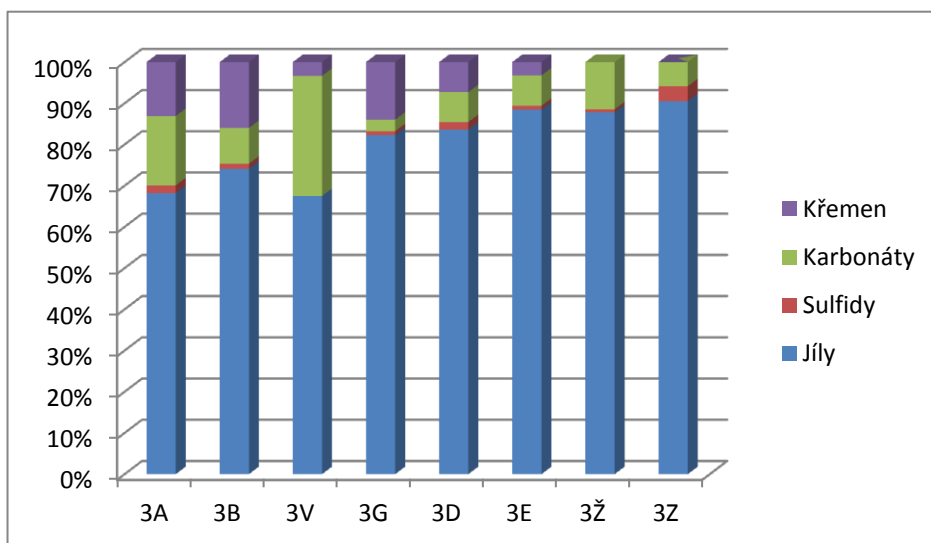


Obr. 24. Obsah složek v lávkách sloje č.3.





Graf 25. Zastoupení macerálů vitrinitu, inertinitu a liptinitu v lávkách sloje č.3



Graf 26. Zastoupení minerálů v lávkách sloje č.3.

4.2. Elementární analýza

V tabulce 8 jsou uvedeny základní parametry palivářské analýzy: obsah analytické vody, obsah popela, uhlíku, vodíku, dusíku a veškeré síry. Vzhledem k vysokým obsahům popela nad 10% A^d ve studovaných uhlích jsou všechny parametry uvedeny v bezvodém stavu vzorku. A také pro výstižnější srovnání nebyly přepočteny na organickou hmotu.

Tab. 8. Chemicko-technologické parametry uhlí .

Vzorek	Sloj	W^a %	A^d %	C^d %	H^d %	N^d %	S_0^d %
12/399	K10	1,17	19,07	66,45	3,37	1,15	0,38
12/400	K12	0,92	12,61	63,59	3,56	0,90	0,14
12/401	K18	0,85	12,97	79,97	4,18	1,91	0,52
12/402	1	3,24	10,43	72,54	4,1	1,93	0,6
12/403	2	3,65	17,5	66,68	3,76	1,81	0,49
12/404	3a	3,01	10,64	73,29	4,53	2,09	0,6
12/405	3b	1,89	65,42	21,01	1,98	1,85	0,21
12/406	3v	2,62	14,68	70,97	3,9	1,9	0,49
12/407	3g	2,21	38,07	49,73	3	1,16	0,37
12/408	3d	2,26	22,73	63,92	3,65	1,68	0,33
12/409	3e	2,01	17,53	66,16	4,05	1,84	0,62
12/410	3ž	1,61	32,16	56,15	3,33	1,91	0,5
12/411	3z	1,94	25,12	62,23	3,56	1,7	0,48

Rozsah obsahů popela, uhlíku a vodíku a především veškeré síry koresponduje s údaji publikovanými Gabzdylem (1994) a Kuznecovou a Golicyne (1975).

5. Diskuze

Znalost stupně prouhelnění a macerátového, mineralogického a chemického složení uhelné hmoty je nutná ze tří hledisek:

- a) technologického hodnocení uhlí jako průmyslové a energetické suroviny,
- b) hodnocení geologických zásob a poměrů v ložisku s ohledem na sedimentologii a paleoekologii,
- c) ekologický aspekty zahrnující dopad vlastní těžby, prašnosti a emisí uhlovodíků, stopových prvků a skleníkových plynů z procesů zejména nedokonalého spalování uhlí.

Uhlí studovaných slojí v lomu Bogatyr z ekibastuzské pánve jsou obecně charakteristická zvýšeným obsahem popelovin, často dispergovaných v uhelné hmotě (Kuznecova et Golicyn, 1975). Mikroskopická analýza ukázala, že popeloviny jsou nejčastěji tvořeny jílovými minerály (kaolinit, illit), v menší míře minerály vznikajícími diageneticky (např. siderit, pyrit). Siderit, pyrit a křemen se vyskytují v podobě obličných útvarů (příloha 2). Jílovité polohy mohou být dvojího původu: sedimentárního a diagenetického. Jílovité polohy sedimentárního původu vznikají zaplavením části uhlotvorného rašeliniště. V takovém případě vznikají jílové vrstvičky mocnosti od několika mm až první dm, viditelné ve sloji pouhým okem (Mach et al. 2013). Jiným případem jsou jílovité proplástky vzniklé zvětráváním původně tufitických poloh (obr. 4). Pouhým pohledem na vzorek je však sedimentární a vulkanické proplástky obtížné odlišit. V mikroměřítku se jílové minerály vyskytují ve formě vrstviček různé mocnosti až samostatné mikropolohy s rozptýlenou organickou hmotou a minimálně vyplňují buněčné prostory fuzinitu a semifuzinitu.

V uhlí většiny slojí v dole Saranska v karagandské pánvi je přítomen zvýšený obsah popelovin (Kuznecova et Golicyn, 1975). Studovaná uhlí (K10 – K12) mají obsahy popela do 20% a minerálů do 15% (Tabulka 6). Majoritní komponentou jsou jílové minerály s výjimkou vzorku K-10, ve kterém převažují karbonáty, především siderit. Siderit se vyskytuje ve formě sférosideritů. V souladu s hodnotami veškeré síry pod 1% se vzácně vyskytuje pyrit, který je nejčastěji zastoupený ve formě shluků framboidů.

Podle pozorovaných výsledků minerálního složení lze vysvětlit původ slojí v dole Saranska na základě fluvialní nebo limnické sedimentace (Home et al., 1978), v ombrotrofických rašeliništích. Naopak sloje lomu Bogatyr, kde je vysoký podíl jílových vrstviček > 5 %, lze vysvětlit zaplavením močálů (Fiedler et Reissig, 1964) a celkově vysokou

vodní hladinou v blízkosti povrchu močálu. Vulkanické minerály nebyly rozptýlené v rašeliništi, ale vytvořily tenké proplástky tzv. tonsteinů (obr. 4) (Lackenschweiger, 1937).

Druhou a podstatnou složkou uhlí je organická hmota. Její složení charakterizuje především obsah uhlíku, vodíku a složení macerálových skupin vitrinitu, liptinitu a inertinitu (Taylor et al. 1998). Ve vzorcích z lomu Bogatyr převládá macerálová skupina inertinitu nad vitrinitem, kromě sloje č. 1 a 3a, kde je tomu naopak. Vysoký obsah vitrinitu a zejména kolotelinitu společně s nižším obsahem detrovitrinitu a minerálů svědčí o přítomnosti stromové a bylinné vegetace a o vlhkém prostředí „forest moorrswamp“, které také dokládá nepravidelná přítomnost alginitu (Lackenschweiger, 1937; Diessel 1992; Nowak, 1994, 1996, 1997; Taylor et al. 1998; Nowak et Gorecka, 1999; Sachsenhofer et al. 2003; Opluštil et al. 2013). Gelifikace rostlinných pletiv za vzniku vyšších obsahů kolotelinitu probíhá intenzivněji ve vlhkém a alkalickém prostředí (Warma 1996; Gmur et Kwiecinska, 2002).

V reprezentantech ostatních slojí lomu Bogatyr převažuje macerálová skupina inertinitu, hlavní macerál je semifuzinit, kromě sloje č. 3g a 3z, kde je dominantní fuzinit. Sloj č. 2 má téměř stejný podíl fuzinitu a semifuzinitu. Výskyt inertinitu bývá spojován se suchým prostředím a především s procesy nedokonalého spalování, nízkoteplotní oxidace při zvětrávání nebo mikrobiální destrukce (Stach et al. 1982; ICCP 2001). Podle některých autorů, např. Goodarzi (1985), Guo a Bustin (1998), Bustin a Guo (1999) a Warma (1996) je vysoce odrazný fuzinit a makrinit výhradně produktem nedokonalého spalování rostlinného materiálu. Zkušenosti ze současnosti při lesních požárech ukazují, že požáry vzniká různě odrazný fuzinit, semifuzinit, makrinit a inertodetrinit (Scott, 1989; Scott et Jones 1994). Sloje s vysokým obsahem inertinitu mohly vzniknout z požárem postihnutého rašeliniště (Taylor et al. 1998). Část inertinitu mohla být do sedimentačního prostředí dopravena s jílovými minerály vodou. Lze konstatovat, že uhlotvorné rašelinitě sloje lomu Bogatyr se pravděpodobně tvořilo v relativně vlhkých podmínkách planárního rašeliniště (Kuznecova et Golicyn, 1975; Gabzdyl, 1994).

Třetí typ sedimentačního prostředí představuje uhlí ze sloje č. 3b, kde je viditelná převaha minerálního podílu nad organickým podílem. To je možné vysvětlit, že do této části původního sedimentačního prostředí sloje byly přineseny minerály a fragmenty rostlinných pletiv a orgánů při rychlém vyzdvižení vodní hladiny, zejména při katastrofických záplavách (Taylor et al. 1998; Mach et al. 2013).

Základním ukazatelem „stáří“ a technologických vlastností uhlí je stupeň prouhelnění. Se stupněm prouhelnění se mění fyzikální a chemické vlastnosti uhlí, s jeho zvýšením dochází k nárůstu obsahu uhlíku, k poklesu obsahu kyslíku a vodíku, k poklesu prchavých látek a

kalorická hodnota se zvyšuje. Současně se zvyšujícím se stupněm prouhelnění narůstá aromaticita organické hmoty stoupá odraznost vitrinitu a klesá obsah vlhkosti.

K vyjádření stupně prouhelnění se používají různé fyzikální a chemické zkoušky. Základní parametry prouhelnění byly a jsou definovány v mezinárodních a národních klasifikacích (Hubáček et al. 1962; Havlena, 1963; van Krevelen, 1993; UN-ECE 1988 et 1998; Alpern et Lemous de Sousa, 2002), které zahrnují obsahy vody, uhlíku, prchavé hořlaviny, hodnoty spalného tepla, výhřevnosti a hodnoty světelné odraznosti vitrinitu, resp. huminitu. V současné době je mezinárodně platná klasifikace uhlí ECE-UN (1998), která definuje základní stupně prouhelnění: rašelina, málo, středně a vysoce prouhelněné uhlí, viz. Tabulka 9.

Tab. 9. Zjednodušené schéma mezinárodní klasifikace ECE-UN (1998) s českými ekvivalenty (Sýkorová, 2011).

Stupeň prouhelnění	W (%)	Q_s^{maf} (MJ/kg)	R_r (%)	Stupeň prouhelnění
Rašelina	> 75	-	< 0,2	
Málo prouhelněné uhlí	< 75	< 24	< 0,6	Hnědé uhlí Subbituminózní uhlí
Středně prouhelněné uhlí	-	> 24	> 0,6	Černé uhlí
Vysoce prouhelněné uhlí	-	-	> 2,0	Antracit
Grafit	-	< 0,8% H^{daf}	$R_{max} > 9,0$	Grafit

Spodní hranice prouhelnění mezi rašelinou a hnědým uhlí je určena obsahem původní vody $W = 75\%$ (Tabulka 9). Horní hranice mezi vysoce prouhelněným uhlí a grafitem je dána obsahem vodíku menším než $0,8\% H^{daf}$ a maximální světelnou odrazností vitrinitu měřenou v polarizovaném světle $R_{max} > 9\%$ (ECE-UN 1988 et 1998).

Podle stávajícího klasifikačního systému ECE-UN (1988 et 1998) je hranice mezi málo prouhelněným a středně prouhelněným uhlí nebo-li mezi hnědým a černým uhlí určena hodnotami světelné odraznosti $R_r = 0,60\%$ a spalného tepla $Q_s^{maf} = 24\text{MJ/kg}$.

Obsah původní vody (W_t) a spalné teplo (Q_s) jsou základními ukazateli stupně prouhelnění ve stadiu hnědého uhlí a vymezují hranici mezi hnědým a černým uhlí. Během prouhelnění se vlhkost ztrácí velice rychle vlivem kompakce, od 75% v rašelině až po 30%

v hnědém uhlí a pod 10% v černém uhlí a v antracitu od 3% až po 1% v metaantracitu (Diessel, 2010; Sivek et al. 2010). Spalné teplo $Q_s^{maf} = 24$ MJ/kg ve vlhkém a bezpopelnatém stavu nebo $Q_s^{daf} = 31$ MJ/kg v hořlavině je limitující podmínkou pro rozlišení uhlí nízkého prouhelnění a středního prouhelnění nebo-li hnědého uhlí a černého uhlí..

Světelná odraznost vitrinitu R_r je druhým parametrem důležitým pro definování uhlí středního stupně prouhelnění (ECE-UN 1988 et 1998).

Vzhledem k vysokému obsahu popela je uhlí z lomu Bogatyr špatně upravitelné a vzhledem ke stupni prouhelnění má slabé spékavé vlastnosti, které se společně s reaktivitou snižují se zvyšujícím se obsahem inertinitu (van Krevelen, 1993; van Niekerk et al. 2010). Na základě světelné odraznosti $R_r = 0,95 - 1,04\%$ lze toto uhlí podle ECE-UN 1998 klasifikovat jako středně prouhelněné uhlí resp. černé uhlí. Na základě starších klasifikací a stávající ruské klasifikace se jedná o méně prouhelněné černé uhlí - černé uhlí žírné.

Odebrané uhlí z dolu Saranska s odrazností $R_r = 1,25 - 1,46\%$ lze podle klasifikace ECE-UN (1998) označit také za středně prouhelněné uhlí, resp. za černé uhlí koksové žírné, které nižším obsahem popela a v případě vyššího obsahu vitrinitu může vykazovat lepší koksovací vlastnosti.

Další možností využití ekibastuzských uhlí je produkce metanu v uhelných slojích. Z nejnovějších výzkumů uhelných ložisek Kazachstánu vyplývá, že tato ložiska mají určité zásoby uhelného metanu (CBM- Alekseev et al. 2003). Při studiu metanu v uhelných slojích je kromě geologických a tektonických poměrů důležitá znalost stupně prouhelnění a macerátového složení, asociace macerátů a anorganické hmoty jak shrnuli Moore (2013), Weniger et al. (2012), Weishauptová et Sýkorová (2011) a řada dalších autorů.

6. Závěr

Petrografický a technologický rozbor vzorků černého uhlí z uhelných pánví Ekibastuz a Karaganda. Těžitelné sloje těchto pánví mají stejné staří, ale jejich petrografické složení a technologické vlastnosti a následné využití se liší.

- (1) Těžitelné sloje mají stejné stratigrafické stáří visé, ale rozdílnou hloubku uložení a tektonického postižení. Těžba v obou pánvích proto probíhá odlišnými metodami. V ekibastuzské pánvi povrchově (Lom Bogatyr) a v karagandské pánvi hlubinně (Důl Saranská).
- (2) Mocnost uhelných slojí obou pánví se výrazně liší. V pánvi Ekibastuz jsou hlavní uhelné sloje sblíženy do slojového komplexu o mocnosti kolem 150 včetně uhelných sedimentárních proplátek, těženého jako celek. V pánvi karagandské se mocnost jednotlivých slojí pohybuje v prvních metrech. Tyto rozdíly ukazují na odlišné hodnoty subsidence v průběhu ukládání biomasy.
- (3) Uhlí obou pánví mají různý stupeň prouhelnění. Uhlí v pánvi Ekibastuz odpovídá černouhelnému hemitypu. Karagandské uhlí je prouhelněno do pokročilé černouhelné ortofáze. Rozdíly souvisejí patrně s původními odlišnými hodnotami subsidence.
- (4) V souladu s klasifikací ECE-UN (1998) karagandské uhlí je více koksovateľné, než ekibastuzské.
- (5) Byly zjištěny výrazné rozdíly v obsahu a ve složení macerálů vitrinitu a inertinitu a minerálních látek, které byly diskutovány v souvislosti s paleoprostředím obou ložisek a případnými možnostmi dalšího využití.
- (6) Většina vzorků uhlí z lomu Bogatyr a dole Saranská obsahovala vysoký podíl inertinitu. Z charakteru a složení inertinitu v kombinaci s obsahem popela je pravděpodobné, že inertinit ve slojích karagandské pánve vznikl většinou jako důsledek požárů rašeliniště. Zvýšený obsah popela a inertinitu v uhlí ekibastuzské pánve zase naznačuje možnost, že část inertinitu byla připravena společně s jílovou suspenzí z prostorů mimo rašeliniště. To ukazuje na planární (retrofitický) typ rašelinišť slojí ekibastuzské pánve.

7. Seznam literatury a pramenů

Alpern, B., Lemos De Sousa, M.J., 2002. Documented international enquiry on solid sedimentary fossil fuels; coal: definitions, classifications, reserves-resources, and energy potential. *International Journal of Coal Geology*, 50 (3-4), 3-41.

Avguščevič, I.V., Bronovec, T.M., Eryomin, I.V., Medvedev, A.V., Čurbakov, V.F., 1987. *Analytická chimie a technické analýzy uhlí*. Nakladatelství Nedra, 335.

Bekman, V., Seidalin, O., 1972. *Geologie karagandské uhelní pánve*. Nakladatelství Nedra, 413.

Belik, N., Fedotov, I., Žaksybayev, S., 1992. *Uhlí Ekubastuzu*. Nakladatelství Nedra, 204.

Benes, K., 1958. *Sb Ved Pr VSB*, Ostrava.

Borrego, A.G., Marban, G., Alonso, M.J.G., Alvarez, D., Menendez, R., 2000. Maceral effects in the determination of proximate volatiles in coals. *Energy and Fuels*, 14 (1), 117-126.

Bouška, V., 1981. *Geochemistry of coal*. Elsevier, Amsterdam.

Bustin, R.M., Guo Y., 1999. *International Journal of Coal Geology* 38, 237.

Diessel, C.F.K., Wolff-Fischer, E., 1986. *Gluckauf-Forschungshefte* 47, 203.

Diessel, C.F.K., 1992. *Coal-Bearing depositional Systems*, Springer, Berlin, 721

Diessel, C.F.K., 2010. The stratigraphic distribution of inertinite. *International Journal of Coal Geology*, 81, 251-268.

Dopita, M., Havlena, V., Pešek, J., 1985. *Ložiska fosilních paliv*. SNTL-nakladatelství technické literatura Alfa, Praha, 264.

Dumler, L., 1955. Nové údaje o stratigrafie a uhlonosnosti karbonu některých ložisek severovýchodní části centrálního Kazachstánu. *Sovětské geologie*, 46.

ECE-UN, 1988. *International codification system for medium and high rank coals*. Geneva, New York, 29.

ECE-UN, 1998. *International Classification of in Seam Coals*. Geneva, New York, 41.

Gabzdyl, W., 1994. *Geologia Złóż Węgla. Złozta Świata*. Polska Agencja Ekologiczna, Warszawa, 215-221.

- Gmur, D., Kwiecinska, B.K., 2002. *International Journal of Coal Geology* ,52 .
- Golicyn. M., Orlov. I., 1962. Typy metamorfózu uhlí karagandské pánve. *Daty o geologie a užitékové suroviny centrálního Kazachstánu*. Vydání č. 2, Almaty.
- Goodarzi, F., 1985. *Fuel* 64, 1294.
- Goodarzi, F., 1986. *Geol Surv Can* 86(1B), 671.
- Guo, Y., Bustin, R.M., 1998. *International Journal of Coal Geology* 37, 29.
- Hagemann, H. W., Ottenjann, K., Piittmann, W., Wolf, M.et Wolff-Fischer, E., Erdiil et Kohle, Erdgas, 1989. *Petrochemie* 42, 99.
- Hartlieb. J., 1957. *Geologie* 6(1), 71.
- Havlena, V., 1963. *Geologie uhelných ložisek*. Nakladatelství ČSAV, Praha, 344.
- Havlena, V. , 1965. *Geologie uhelných ložisek*. Nakladatelství ČSAV, Praha, 340.
- Hemza, P., Sivek, M., Jirásek, J., 2009. Factors influencing the methane content of coal beds of the CVzech part of the Upper Silesian Coal basin, Czech Republic. *International Journal of Coal Geology*, 79, 29-39.
- Hubáček, J., Kessler, M.F., Ludmila, J., Tejnický, B., 1962. *Chemie uhlí*. SNTL, Praha.
- ICCP, 1998. 77, 349-358.
- ICCP, 2001. The new inertinite classification (ICCP system 1994), 80, .459-471.
- ISO 7404, 2009. *Methods for petrographic analysis of coal*. Parts 1 – 5.
- Kalkreuth, W., Steller, M., Wieschenklmper, I. et Ganz,S.,1991. *Fuel* 70, 683.
- Koperina, V.V., 1954. *Litologie, stratigrafie a uhlonosnost svrchní části uhlonosných sedimentů karbonu karagandské pánve*. Laborotorie uhlí AV SSSR, vydaný č. II.
- Koperina, V.V., 1956. *Složení a podmínky sedimentace nadkaragandské, dolinské a šahanské souvrství pánve Karaganda*. Laborotorie uhlí AV SSSR, vydaný č. IV.
- Kuznetsova, A.A., Golitsyn, M.V., 1975. Ekibastuzkij kamenougolnyj Bassem. In: Eryomin, I.V., *Petrologija paleozoických uglej SSSR*. Akademija Nauk, Nedra, Moskva, 74-85.
- Levine, J.R., 1993. Coalification: the evolution of coal as a source rock and reservoir rock for oil and gas. In: Law, B.E., Rice,D.D. (eds): *Hydrocarbons from Coal Amer. Assoc. Petrol. Geol. Stud. Geo. Ser.*, 38, 39-77.
- Lackenschweiger, H., 1937. Die Braunkohlenmulde von Leoben. *Zs. f. Berg-, Huettenmaenn.-u. Salinenwesen im Dtsch. Reiche* 85, 209– 213.
- Lin, R., Davis, A., Bensley, D. F. et Derbyshire, F. J., 1986. *International Journal of Coal Geology*, 6, 215.

Lin, R., Davis, A., Bensley, D. F. and Derbyshire, F. J., 1987. *Organic Geochemistry*, 11, 393.

Littke, R., 1987. Petrology and genesis of Upper Carboniferous seams from the Ruhr region, West Germany. *International Journal of Coal Geology*, 77, 147-184.

Mach, K., Sýkorová, I., Konzalová, M., Opluštil, S., 2013. Effect of relative lake-level changes in mire–lake system on the petrographic and floristic compositions of a coal seam, in the Most Basin (Miocene), Czech Republic. *International Journal of Coal Geology* 105,120–136.

Moore, T., 2012. Coalbed methane: A review. *International Journal of Coal Geology*, 101, 36-81

Müller, P., 1984. Kerogen-zdroj uhlovodíků. *Zemní plyn a nafta*, 12(4), 485-516.

Nowak, Grzegorz, J., Górecka-Nowak, A., 1999. Peat-forming environments of Westphalian A coal seams from the Lower Silesian Coal Basin of SW Poland based on petrographic and palynologic data. *International Journal of Coal Geology*, 40, 327-351.

Nowak, G.J., 1994. Genesis and coal facies of Westphalian coal seams of the Intrasudetic Basin, southwestern Poland. *Advances in Coal and Organic Petrology. Proc. Int. Symp. Coal Org. Petrol.*, Fukuoka, Japan, 27–33.

Nowak, G.J., 1996. Petrological coal seam accumulation model for the Zacler Formation of the Lower Silesian coal basin, southwestern Poland. In: Gayer, R., Harris, I. Eds., *Coalbed Methane and Coal Geology. Geol. Soc. Spec. Publ.* 109, 261-286.

Nowak, G.J., 1997. Petrology of Zacler formation coal seams in the Intrasudetic Basin Lower Silesian Coal Basin.. *Prace Geol. Miner.* 57, 99 in Polish with English summary..

Opluštil, S., Edress, N.H., Sýkorová, I. 2013. Climatic vs. tectonic controls on peat accretion in non-marine setting; an example from the Žacléř Formation (Yeadonian–Bolsovian) in the Intra-Sudetic Basin (Czech Republic). *International Journal of Coal Geology*, 116-117, 135-157.

Popov, V.K., Posokhov, Y.M., Rachev, I.L., Zaostrovskij, A.N., 2011. Relationship between the mineral matter and ash contents of coal from the Bogatyr Strip Mine of the Ekibastuz Deposit. *Solid Fuel Chemistry*, 45 (2), 128-134.

Protokol SKZ (statní komise zásob) Republiky Kazachstán № 205-03-U od 19. 02. 2003, podle posouzení přepočtu zásob uhlí lomů „Bogatyr“ a „Severní“ ekibastuzské pánve.

Revuckaja. T., Vypolzov. V., Klemanova. L., Karimova. E., Kočergina. A., 2010. MS CentrGeologoSjemka.

Samsonov, M., 1956. Článek „Geologické průzkumné práce v pánve Karaganda“ ve sbírky „Hlavní výsledky geologického průzkumu pánve Karaganda“.

Sachsenhofer, R.F., Privalov, V.A., Izart, A., Elie, M., Kortensky, J., Panova, E.A., Sotirov, A., Zhykalyak, M.V., 2003. Petrography and geochemistry of carboniferous coal seams in the Donets basin (Ukraine): implications for paleoecology. *International Journal of Coal Geology*, 55, 225-259.

Scott, A.C., 1989. Observations on the nature and origin of fusain. *International Journal of Coal Geology*, 12, 443–475.

Scott, A.C., Jones, T.P., 1994. The nature and influence of fire in Carboniferous ecosystems. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 106, 91–112.

Sivek, M., Jirásek, J., Sedláčková, L., et al., 2010. Variation of moisture content of the bituminous coals with depth: A case study from the Czech part of the Upper Silesian Coal basin. *International Journal of Coal Geology*, 84(1), 16-24.

Stach, E., Mackowsky, M.T., Teichmüller, M., Teichmüller, R., 1982. *Stach's Textbook of Coal Petrology*. Gebrüder Borntraeger, Berlin.

Standarty Republiky Kazachstán 1383 od roku 2005. Černí uhlí ekibastuzské pánve pro energetické a technologické cíle. *Obecný technický podmínky*, Astana.

Steller, M. and Kalkreuth, W., 1990. *Erdöl und Kohle*, 43(10), 387

Taylor, G.H., Teichmüller, M., Davis, A.; Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P. 1998. *Organic Petrology*. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart.

Teichmüller, M., 1982. Fluoreszenzmikroskopische Änderungen von Liptiniten und Vitriten mit zunehmendem Inkohlungsgrad und ihre Beziehungen zu Bitumenbildung und Verkohlungsverhalten. *Geologisches Landesamt NRW*, 119.

Teichmüller, M., 1989. The genesis of coal from the viewpoint of coal petrology. *International Journal of Coal Geology*, 12, 1-87.

Umarhajieva, N.S., Mustafin, R.K., 2003. Central Kazakhstan Coal-fields Potential for Development of Coalbed Methane Production Projects. Report.

Van Krevelen, D.J.V., 1993. *Coal*. Elsevier, Amsterdam, 725.

Van Niekerk, D., Mitchell, G.D., Mathews, J.P., 2010. Petrographic and reflectance analysis of solvent-swelled and solvent-extracted South African vitrinite-rich and inertinite-rich coals. *International Journal of Coal Geology*, 81, 45-52.

Walker, R., Mastalerz, M., 2004. Functional group and individual maceral chemistry of high volatile bituminous coals from southern Indiana: controls on coking. *International Journal of Coal Geology*, 58, 181-191.

Warma, A.K., 1996. Facies kontrol on the petrographic composition on inertinic coals. *International Journal of Coal Geology*, 30, 327-335.

Weishauptová, Z., Sýkorová, I., 2011. Dependence of carbon dioxide sorption on the petrographic composition of bituminous coals from the Czech part of the Upper Silesian Basin, Czech Republic. *Fuel*, 90, 312-323.

Weniger, P., Franců, J., Hemza, P., Kroos, B.M., 2012. Investigations on methane and carbon dioxide sorption capacity of coals from the SW Upper Silesian Coal Basin, Czech Republic. *International Journal of Coal Geology*,

White, C.M., Smith, D.H., Jones, K.L., Goodman, A.,L., Jikich, S.A., La Count, R.B., Du Bose, S.B., Ozdemir, E., Morsi, R.I., Schroeder, K.T., 2005. Sequestration of carbon dioxide in coal with enhanced coalbed methane recovery. A review. *Energy & Fuels An American Chemical Society Journal*, 19 (3). 659-724.

Zinčenko, 1984. *Geologická zpráva o geologických průzkumných pracích vypočtu zásob uhlí a hodnocení souběžných užitkových surovin Ekibastuzské pánve, Pavlodarského kraju Kazachstánu*

ŽumusStrojServis, 2010. MS CentrKazNedra.