

## **HISTORIE A SOUČASNOST DOBÝVÁNÍ NEROSTNÝCH SUROVIN STÁTU SARAWAK NA OSTROVĚ BORNEO**

### **1 Úvod**

Významnou pozici v regionu jihovýchodní Asie zaujímá Malajská federace, která je tvořena Malajským poloostrovem a státy Sabah a Sarawak, které leží v severní části ostrova Borneo.

Celá staletí byly hlavními přírodními zdroji státu Sarawak dřevo a koření. Od počátku 20. století začal výrazně růst význam ropy a zemního plynu, které se staly vedle dřeva hlavním vývozním artiklem. Vzhledem k dlouhodobému hospodářskému rozvoji a rostoucí poptávce po elektrické energii zde však v posledních desetiletích vzrostl zájem o ložiska hnědého uhlí. Průzkum uhelných pánví státu Sarawak byl zahájen v sedmdesátých letech 20. století a vlastní těžba uhlí před cca 20 lety.

Díky spolupráci mezi českými společnostmi Výstavba dolů Ostrava s.r.o., Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. a malajskou společností PanGlobal Trading Sdn Bhd, která vlastní licenci na těžbu uhlí v oblasti Merit Pila, mohli autoři příspěvku postupně absolvovat v letech 2006 a 2007 tříměsíční pracovní pobyt v centrálním Sarawaku. Působili zde na pozici „Deputy Mine Manager“, která v místních podmínkách znamenala obdobu závodního dolu v České republice.

Příspěvek stručně shrnuje historii hornické činnosti v oblasti státu Sarawak. Hlavní pozornost je věnována dobývání hnědého uhlí v hnědouhelné pánvi Merit Pila na ostrově Borneo. Je zde shrnuta stratigrafická situace lokality, její tektonika, petrologický popis hlavních zastoupených horninových typů, některé údaje o dobývaných uhelných slojích a dnešní báňské technologii. Pozoruhodná je i přirozená sukcese těžbou poškozených lokalit. Zvláštní pozornost je věnovaná povrchovému dolu Beradai West. Ten je lokalitou jantaru světového významu, kterou zatím mělo příležitost navštívit jen velmi málo českých geologů a mineralogů. Příspěvek stručně uvádí geologickou situaci výskytu jantaru a historii nejvýznamnějších nálezů.

## **2 Historie dobývání nerostných surovin státu Sarawak**

Objevování oblasti bylo zahájeno v 15. století v období sultanátu Melaka, z této doby pocházejí i první dochované mapy. Dlouhá staletí byly hlavními surovinami Sarawaku koření a dřevo. Obchod s kořením dosáhl prvního vrcholu v období rozvoje nizozemské Východoindické společnosti v 17. století [2].

Těžba nerostných surovin se začala rozvíjet až v 19. století. Nejdéle dobývanou surovinou státu Sarawak je antimon, jehož dobývání bylo zahájeno již roku 1823 a celkem ho bylo vytěženo přes 80 000 tun. Hlavní oblastí dobývání byl okres Bau s nejvýznamnějším dolem Lucky Hill. Antimon byl těžen z primárních rudních žil ve formě antimonitu, ložisko je již vyčerpáno.

Zlato je dalším významným minerálem, který byl v Sarawaku dobýván. I v tomto případě šlo hlavně o oblast Bau. Dle literatury bylo ve zlatonosném poli Bau vytěženo celkem cca milion uncí zlata. V současnosti je ložisko vyčerpáno. Zlatonosná mineralizace byla vázána především na křemenné žíly ve vápenci, většina zlata byla získávána z eluviálních náplavů. V Sarawaku byl v oblasti Sematan těžen bauxit. Ložisko bylo opuštěno v roce 1965. Zdrojem bauxitu bylo tropické větrání andezitu. V oblasti jsou známá i menší ložiska železa, olova, mědi a niklu. Kvalita a zásoby rudy však nikdy neumožnily průmyslovou těžbu.

Stát Sarawak má velmi dlouhou historii těžby ropy. Ta byla zahájena už v roce 1911 v oblasti ropného pole Miri. To celkově vyprodukovalo 80 mil. barelů ropy, v současnosti je vyčerpáno. Novější lokality tvoří ropná pole Bakau, Baram, Baronia, West Lutong, Takau a Fairly – Lutong, které byly většinou otevřeny v 70. letech minulého století. V miocénních karbonátech provincie Central Lutonia se nacházejí zásoby zemního plynu. Nejnovějšími ropnými lokalitami jsou pole Betty, Timana a Bokor.

Stoupající požadavky na energii způsobily růst zájmu o uhelná ložiska. Rozsáhlejší průzkumy byly zahájeny ve druhé polovině 20. století. V současnosti probíhá těžba uhelných pánví Mukah (geologické zásoby cca 500 mil tun) a zejména Merit Pila (geologické zásoby cca 130 mil tun).

## **3 Topografická situace oblasti Merit Pila**

Pánev Merit Pila je situována v centrálním Sarawaku, kde tvoří V – Z protaženou depresi o ploše cca 260 km<sup>2</sup> a délce cca 40 km. Oblast je mírně zvlněná až kopcovitá, nadmořská výška terénu většinou kolísá mezi 35 až 180 m nad mořem. Hřebeny směřují převážně východo-západně, svahy klesají celkově k jihu, kde se rozkládají bažinaté aluviální planiny podél říček Kupit, Bedegom a Tebulan Indu. Klima je tropické, horké a vlhké se silnými dešťovými srážkami. Průměrné roční srážky se obvykle pohybují v rozmezí od 4 500 mm po 5 000 mm. Maximální denní srážky mohou přesáhnout 200 mm. Průtok místních říček se může vlivem přívalových dešťů zvýšit až dvacetinásobně. Prakticky celá oblast je pokryta sekundárním pralesem, výjimkou jsou male oblasti obnažené lomovým dobýváním a ojedinělá rýžová pole.

Zájmová oblast je dosti obtížně přístupná. Do města Kuching, které je hlavním městem státu Sarawak, se lze dostat bez problémů letecky z Kuala Lumpur nebo Singapore. Odtud je třeba odcestovat autobusem (cca 6 hodin) nebo letecky (50 minut) do města Sibü. Pak následuje tříhodinová plavba lodí po řece Rajang do malého městečka Kapit, kam již nevede silnice. Jde o poslední výspu civilizace, kde funguje telefonní spojení a lze se najíst v jednoduché, ale vynikající čínské restauraci. Následuje asi půlhodinová plavba člunem do přístaviště s nakládkou uhlí a dvouhodinová jízda terénním vozem k uhelným lokalitám.

Oblast oplývá přírodními krásami, jde však o dešťový prales se všemi jeho problémy – teploty kolem 35 stupňů, velmi vysoká vlhkost vzduchu, výskyt jedovatých hadů a hmyzu atd. Těžba uhlí bohužel poněkud přispívá k devastaci původní přírody, nesrovnatelně horší jsou však aktivity velkých dřevařských firem.

#### 4 Geologická situace oblasti

Bázi uhelné pánve tvoří v celé oblasti formace Belaga. Uhlonosná formace Nyalau miocénního stáří na formaci Belaga diskordantně nasedá. Formace Belaga je tvořena strmě upadajícími, místy dynamicky metamorfovanými flyšovými, převážně eocénními sedimenty.

Předpokládané stáří formace Nyalau odpovídá spodnímu až střednímu miocénu. Blok sladkovodních sedimentů byl akumulován ve V – Z protažené pánvi v limnicko – fluviálním režimu. Malajští geologové na základě geologického průzkumu [4] rozčlenili formaci Nyalau na následující horizonty.

- **spodní pískovcový horizont** je budován zhruba 10 – 20 m mocnou vrstvou bazálních slepenců, které diskordantně nasedají na podložní strmě upadající formaci Belaga.
- **spodní uhelný horizont** je nejvýznamnější uhlonosnou vrstvou v hnědouhelné pánvi. Je tvořen převážně střídáním pískovců, prachovců a prachovitých jílovců, ve střední části se objevují vrstvy slepenců o mocnosti do 20 m. V tomto horizontu se vyskytuje celkem 21 uhelných slojí, z nichž nejvýznamnější jsou B2, C, E a H.
- **střední pískovcovo–břidličný horizont** je tvořen převážně pískovcem a břidlicí se vzácně se vyskytujícími čočkami písku. V tomto horizontu bylo zjištěno 6 uhelných slojí, z nichž žádná nemá ekonomický význam.
- **svrchní uhelný horizont** je tvořen převážně pískovci a prachovitými jílovci. Vyskytuje se v něm 11 uhelných slojí, z nichž největší význam má hlavní sloj v oblasti Belawie Mujan.
- **svrchní pískovcovo–břidličný horizont** je tvořen převážně pískovci a břidlicemi s několika vrstvami slepenců.

Hlavními strukturními rysy uhelné pánve jsou diskordance mezi formacemi Belaga a Nyalau, vrásnění s různou magnitudou projevující se v celé oblasti a výskyt zlomů s různým posunem vrstev. V uhelné pánvi byly zjištěny tři hlavní zlomové linie. Linie Z – V je reprezentována zlomy s největším posunem (zlomy Boundary a Median).



Posun vrstev se pohybuje v rozmezí 100 až 1000 m. Linie S – J a SZ – JV jsou reprezentovány zlomy s posunem vrstev 10 až 50 m. Celkový úklon vrstev činí 3 až 24 stupňů k J až JV.

Sedimenty uhlonosné formace Nyalau jsou reprezentovány pískovci, prachovci, břidlicemi, prachovitými jílovci a slepenci. **Slepence** jsou obvykle modrošedé. Tvoří je valouny křemene, kvarcitického pískovce a prachovitopísčité, kaolinická základní hmota. **Pískovce** jsou žluté až hnědočervené, převážně jemně až středně zrnité, jílovité. Modrošedé **prachovce** lze charakterizovat jako jílovité, kaolinické, místy prachovitopísčité. Šedá až šedočerná **břidlice** je kaolinická, karbonatická, místy uhelná s rostlinnými zbytky. **Prachovité jílovce** mají šedou, při povrchu terénu vlivem větrání až žlutooranžovou barvu. Jsou převážně kaolinické, prachovité, místy karbonatické s ojedinělými zpevněnými konkréciemi tvořenými jílovitým pelosideritem.

V současnosti je v oblasti Merit Pila známo 38 slojí, z nichž 5 má s ohledem na mocnost, zásoby a kvalitu praktický význam. Jde o sloje B2, C, E a H ze spodního uhelného horizontu a hlavní sloj (Main Seam) ze svrchního uhelného horizontu. Mocnost těchto slojí kolísá v rozmezí 0,5 – 4 m a jejich celkové, orientačně spočítané geologické zásoby činí cca 132 mil. tun hnědého uhlí. Obsah popela v sušině činí obvykle 2,4 – 35,9% (vyjíměčně u sloje B až 75,9%), celkový obsah síry činí cca 0,08 – 0,20% a výhřevnost obvykle činí 1 211 – 6970 kcal.kg<sup>-1</sup>.

## 5 Těžba uhlí v zájmové oblasti

V zájmové oblasti se vyskytuje řada uhelných ložisek. Mezi nejvýznamnější patří lokality Belawie Mujan, Tebulan, Beradai, Santak, Merit, Musa a Long Hill. V současnosti probíhá těžba uhlí pouze v povrchových dolech Belawie Mujan a Beradai West.

Většina dobývaného uhlí je získávána na lokalitě Belawie Mujan (viz obrázek č. 1). Uhlí je zde těženo již řadu let zejména z hlavní sloje (Main Seam) o maximální mocnosti 3,5 m, dobývány však jsou i střední a svrchní sloj o maximální mocnosti 1 – 1,5 m. V létě 2007 byla zahájena těžba vysoce kvalitního uhlí sloje E o maximální mocnosti 2,5 m na lokalitě Beradai West.

Celkově je v současnosti v uhelné pánvi Merit Pila dobýváno ročně cca 500 000 tun kvalitního hnědého uhlí. Uhlí z jednotlivých slojí je mixováno tak, aby výsledná průměrná výhřevnost dosahovala minimálně 5200 kcal.kg<sup>-1</sup>.

Těžba uhlí i skrývky je prováděna malolomovou technologií. Uhlí je těženo lopatovými rýpadly, nakládáno na nákladní automobily o nosnosti 50 tun a dopravováno na 45 km vzdálené překladiště u řeky Rajang, odkud je do cílových odbytových míst dopravováno lodní dopravou. Největším odběratelem je elektrárna Sejingkat (110 MW) u Kuchingu.

## 6 Historie a současnost lokality jantaru Beradai West

Lokalita byla objevena týmem německých geologů v osmdesátých letech 20. století [3]. V této době byly na lokalitě pravděpodobně nalezeny největší vzorky jantaru

na světě. Německý geologický tým [3] popisuje nález bloku jantaru o délce cca 3,5 m a šířce 1 – 2 m. Vzorek byl čištěn a separován 24 hodin (v noci pomocí UV lampy) a nakonec vyřezán spolu s okolní uhelnou hmotou řetězovou pilou. Větší část nálezů o hmotnosti cca 100 kg je v současnosti uložena v přírodovědném muzeu ve Stuttgartu, menší část je součástí sbírek geologické expozice muzea ve městě Sarawak u Kuchingu. I podle našich zkušeností je lokalita hojností velkých ukázek jantaru skutečně vyjímečná.

Vlastní lokalitu jantaru dnes tvoří malý, částečně otevřený povrchový uhelný důl Beradai West. Uhlí se zde řadu let netěžilo, v květnu 2007 však bylo zahájeno dobývání skrývky, které připravilo uhelný řez o délce cca 250 m. Těžba uhlí začala v červenci 2007.

Mocnost strmě upadající uhelné sloje E činí cca 2,5 - 3 m, sloj je tvořena vysoce kvalitním hnědým uhlím o výhřevnosti přesahující  $5500 \text{ kcal.kg}^{-1}$ . V jejím těsném nadloží (cca 1 – 2 m nad slojí) je obvykle vyvinut cca 0,5 m mocný proplástek uhelného jílovce. Celková mocnost nadložních skrývkových hornin dle výsledků vrtného průzkumu [4] v současnosti kolísá v rozmezí 2 – 30 m. Svrchní horizont nadložního masivu tvoří 3 – 5 m mocná vrstva žlutohnědých až oranžových prachovitých jílovců ovlivněných tropickým větráním. Pod ní se nachází horizont modrošedých jílovitých prachovců o mocnosti cca 10 m. Nad hlavou sloje E se vyskytuje 10-15 m mocná vrstva modrošedých, velmi slabě zpevněných slepenců. Dle výsledků vrtného průzkumu se v hloubce cca 120 – 140 m pod povrchem terénu nachází další blíže neidentifikovaná uhelná sloj, její dobývání však z technických a ekonomických důvodů nepřichází v úvahu a její parametry prakticky nejsou známy.

Vlastní výskyt jantaru je vázán na uhelnou sloj E. Nálezy fosilní pryskyřice ve formě kapek v dutinách zkamenělých stromů [1], které jsou typické pro severočeskou hnědouhelnou pánev (duxity), se zde vůbec neobjevují. Jantar je impregnovaný přímo v uhelné hmotě, kde zpravidla tvoří ploché hlízy. V uhelné sloji se vyskytuje v takovém množství, že může působit potíže při spalování uhlí v elektrárnách kotlích. Při mapování šikmého uhelného řezu je možné běžně pozorovat i hlízy jantaru o rozměrech 0,5 x 0,3 m a předpokládané mocnosti cca 0,1 – 0,2 m. Lokalita je neuvěřitelně bohatá, není problém zde odebrat za den několik kilogramů fosilní pryskyřice (viz obrázek č. 2). Zásadním problémem však je, že z velmi tvrdého kvalitního uhlí je vyseparování celé neporušené hlízy prakticky vyloučené. Hlízy jantaru jsou podstatně křehčí než uhelná hmota a vždy dojde k jejich podrcení. Nejlepší ukázky se nakonec podařilo nalézt těsně pod patou uhelné sloje, kde byly sice poněkud méně četné, ale z kávově hnědých uhelných jílovců je bylo možné úspěšně vyseparovat. Navíc byly některé ukázky částečně obnažené intenzivní vodní erozí. Zde se podařilo získat několik téměř neporušených hlíz o hmotnosti do 0,5 kg a desítky hlíz menších.

Vzorky jantaru nejsou tvarově příliš variabilní, prakticky vždy jde o ploché hlízy diskovitěho tvaru a jejich úlomky. Velmi proměnlivé jsou však jeho barvy. Fosilní pryskyřice je nejčastěji hnědá až hnědočerná, průsvitná jen v tenkých úlomcích. Velmi hojné jsou však i jantary žlutohnědé, okrové, červenohnědé a voskově žluté, Vzácnější jsou medově zbarvené a červené ukázky šperkařské kvality. Literatura [3] uvádí i jantary bílé, bezbarvé, růžové, oranžové a modrofialové. S těmi jsme se však při průzkumu lokality nesetkali. Obecně lze konstatovat, že cca 5 - 10 % vzorků je

vhodných pro šperkařské zpracování. I přes dosti důkladný průzkum se ve vzorkách nepodařilo nalézt zlomky rostlin ani hmyz. Obsahují však drobné vtroušeniny uhelné hmoty a na některých tmavě hnědých kompaktních jantarových úlomcích jsou patrné dosti početné, nerovnoměrně rozmístěné drobné bílé skvrny, které nápadně připomínají sněhové vločky. Jejich původ zatím nebyl vysvětlen. U některých větších vzorků jantaru je patrná vrstevnatá struktura, jejíž příčinou je pravděpodobně postupné přitékání původní pryskyřice, která tvořila navrstvené proudy. Tato struktura bohužel způsobuje rozpad některých, makroskopicky zcela kompaktních hlíz. Pod ultrafialovou lampou jantar z lokality Beradai West intenzivně modře svítí.

Zdrojem uhelné sloje na lokalitě byl miocénní uhlotvorný prales podobně jako v případě severočeské pánve, i když jeho složení bylo pravděpodobně značně odlišné. Místní jantar pak dle výsledků výzkumu [3] pochází z pryskyřice listnatých stromů rodu ***Dipterocarpaceae***. V deštném pralese Sarawaku jsou stromy toho rodu zastoupeny i v současnosti.

Kromě ukázek jantaru lze na lokalitě velmi vzácně nalézt i otisky listů. Vyskytují se v ojedinělých pelosideritových konkrétech v podloží uhelné sloje E, vzorky však nejsou příliš kvalitní.

## 7 Další mineralogické a geologické zajímavosti oblasti

Oblast hnědouhelné pánve Merit Pila je na mineralogické a geologické zajímavosti dosti chudá. Příčinou je sedimentární výplň pánve a minimum přírodních výchozů, což je dáno bujnou vegetací a tropickým větráním svrchního horizontu terénu. Vzácně se vyskytující karbonátové konkréty neobsahují dutiny s krystalovanými minerály a na nálezy jsou většinou chudé i uhelné sloje, které prakticky neobsahují sulfidy železa ani sírany. Tím je ostatně daná velmi nízká sirnatost uhlí.

Na těžené lokalitě Belawie Mujan lze v současnosti vzácně nalézt otisky listů v karbonátových konkrétech. V sekrečním křemenu byly zjištěny drobné krystalky křemene a křišťálu do 1 cm. Na této lokalitě se rovněž v hlavní sloji místy vyskytují drobné hlízy jantaru stejného charakteru jako v případě lokality Beradai West. Jejich rozměr dosahuje maximálně 5 cm.

Dle našich zkušeností je lokalita Tebulan jedinou, kde lze hojněji objevit vzorky zkamenělých dřev. Nálezy mohou vzácně dosahovat značných rozměrů. V zářezu příjezdové cesty na lokalitu lze ve slabě zpevněných pískovcích pozorovat částečně odkrytý úlomek zkamenělého stromu o hmotnosti minimálně 100 kg. Kmeny jsou většinou šedočerné, prokřemenělé, často s drobnými krystalky morionu na odlučných plochách. V jejich mineralogickém složení výrazně převládá křemen, příměs tvoří kaolinit, siderit a uhelná hmota.

Velmi zajímavý je výchoz uhelné sloje na lokalitě Long Hill, který tvoří břeh řeky a některé geologické profily v zářezích komunikací. Lokalita jantaru Beradai West však zaujímá v oblasti pánve Merit Pila zcela vyjimečné místo.

## 8 Závěr

Příspěvek přehledně uvádí základní informace o historii a současnosti dobývání nerostných surovin státu Sarawak na ostrově Borneo.

Hlavní pozornost je věnována hnědouhelné pánvi Merit Pila. Je zde shrnuta stratigrafická situace lokality, její tektonika, petrologický popis hlavních zastoupených horninových typů a některé údaje o dobývaných uhelných slojích. V příspěvku je podrobně popsán povrchový důl Beradai West. Ten je lokalitou jantaru světového významu, kterou zatím mělo příležitost navštívit jen velmi málo českých geologů, mineralogů a sběratelů.

Dílčí část práce, zejména problematika vývoje oblastí poškozených těžbou, vznikla s podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci výzkumného záměru č. MSM 4456918101 „Výzkum fyzikálně chemických vlastností hmot dotčených těžbou a užitím uhlí a jejich vlivů na životní prostředí v regionu severozápadních Čech“

### Přehled použité literatury

- [1] Bouška V., Dvořák Z.: Nerosty severočeské hnědouhelné pánve  
Nakladatelství Dick, ISBN 80-902341-0-0, Praha 1997
- [2] Moore W. K.: Malaysia – a Pictorial History 1400 – 2004  
Archipelago Press, 2004
- [3] Schlee D., Darani J.: Riesenberne in Sarawak Nord – Borneo  
Lapis č. 9, s. 13-23, 1992, SRN
- [4] Osvald, P.: Report of possibilities of an underground mine development  
of Merit Pila coalfield  
Report, 1996, VDO, Malaysia
- [5] Sia S., Dorani B.: Evaluation of coal resources of the Mukah coalfield  
Sarawak, Malaysia  
Report, 2000, Minerals and Geoscience Department, Malaysia





Obrázek č. 1: Situace uhelné pánve Merit Pila





Obrázek č. 2: Hlízy jantaru zarostlé v uhelné hmotě