

Krystian PROBIERZ
Politechnika Śląska, Gliwice

PETROLOGIA WĘGLA W ROZPOZNAWANIU WĘGLI KOKSOWYCH REJONU JASTRZĘBIA

Streszczenie. Omówiono znaczenie pojęcia petrologia węgla oraz znaczenie i zakres badań tej gałęzi nauk geologicznych. Scharakteryzowano pokrótce przebieg procesu uwęglania, stadia tego procesu oraz wskazano czynniki – temperatura, ciśnienie i czas powodujące przemiany węgla w procesie uwęglania. Scharakteryzowano własności i geologiczne warunki występowania węgla w południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, szczególnie węgla koksowych rejonu Jastrzębia. W rejonie Jastrzębia stwierdzono dodatnie anomalie uwęglania, w których wykazano współwystępowanie w pokładach 504/2 oraz 505/1 pośród węgla koksowych antracytów i semiantracytów. Wykazano, że część macerałów grupy inertynitu nie powstała w torfowisku karbońskim, lecz później w procesach metamorfizmu węgla. Zwrócono uwagę na konieczność wykonywania badań petrologicznych węgla rejonu Jastrzębia.

COAL PETROLOGY IN RECOGNITION OF COKING COAL FROM JASTRZĘBIE AREA

Summary. Meaning of a coal petrology and a range of its researches were described. The course of coalification, stages of this process and the factors – temperature, pressure, time, which are a cause of transformation of peat into coal seams, were also characterized. The properties and geological conditions of coal existence in south-west part of Upper Silesian Coal Basin, especially coking coal from Jastrzębie area, were characterized. In the Jastrzębie area the favourable anomalies of coalification has been found. It was observed in Coal Seams 504/2 and 505/1 (Namurian B) among coking coals, anthracites and semianthracites. Has been shown that some macerals were not formed in carboniferous peat but later in coalification process. In final conclusion the special attention was turn on appearing alternative of using petrological researches of coal, especially coking coals in Poland.

1. Wstęp – rola i znaczenie petrologii węgla

Najprostsza i najbardziej lapidarna odpowiedź na pytanie czym jest i czym zajmuje się petrologia węgla może być następująca: petrologia węgla jest ważnym kompleksem geologicznych metod badawczych, o wielkim znaczeniu naukowym i gospodarczym, nakierowanym do badania własności węgla oraz rozpoznawania geologicznych warunków ich powstawania i występowania.

Wielkie znaczenie petrologii węgla wynika oczywiście z roli i znaczenia węgla dla gospodarki, zarówno w przeszłości jak i w dobie obecnej. Według World Coal Association w 2010 r. łączne wydobycie węgla kamiennego i brunatnego na świecie wynosiło 7 229 Mt, zaś w Polsce, według danych WUG, wyniosło 76 145 tys. t węgla kamiennego oraz 56 510 tys. t brunatnego.

Wydaje się, że rola węgla może w nadchodzących latach wzrosnąć, co spowodowane jest m.in. z obserwowanym powolnym, lecz zauważalnym spadkiem produkcji ropy naftowej, charakterystycznym dla tzw. epoki *after peak oil*. Nie jest jednakże wystarczająco jasno poznana przyczyna obserwowanego spadku liczby otworów produkujących ropę naftową. Może nią być zarówno rzeczywisty spadek zasobów ropy naftowej, jak i wysoki poziom jej cen, zapewniający producentom odpowiednio wysoki poziom dochodów, przy niższym wolumenie produkcji.

Innym, ważnym czynnikiem powodującym wzrost roli węgla w światowej gospodarce może być deklarowana rezygnacja z energetyki atomowej, spowodowana w znacznym stopniu tragiczną w skutkach, i nie do końca oszacowanych konsekwencjach, awarią elektrowni atomowej, która zdarzyła się w 2011 r. w Fukushima (Japonia).

Nadchodzące lata powinny również być pomyślne dla polskiego górnictwa węglowego. Zapotrzebowanie na węgiel, szczególnie energetyczny, się utrzyma. Pozycja naszego węgla i koksu (największy eksporter w Europie) powinna nadal być stabilna. Węgiel będzie wiodącym paliwem w ciągu najbliższych kilkunastu lat. O tym doskonale wiedzą inwestorzy z zagranicy, którzy myślą o inwestycjach w polskie górnictwo węgla kamiennego.

Podwaliny petrologii węgla jako nauki powstawały u schyłku XIX w., a poniżej podano kilka ważnych dat dla petrologii (oczywiście jest to subiektywny wybór autora, bowiem nie jest to historia tej gałęzi nauki):

1892 – badania cienkich szlifów węgla w mikroskopie do światła przechodzącego.

1913 – praca D. White „The Origin of Coal”.

1919 – M. Stopes wprowadza pojęcia litotypów - fuzyn, duryn, klaryn, witryn.

1924 – R. Potonié publikuje fundamentalne dzieło „Einführung in die allgemeine Kohlenpetrographie”.

1925 – E. Stach stosuje zgłady węglowe, a w 1927 r. wykonuje pierwsze zdjęcie zgładu.

1935 – E. Stach wydaje „Lehrbuch der Kohlenpetrographie”.

1935 – M. Stopes wprowadza pojęcie *macerat* węgla (Kongres Węglowy Heerlen, ten sam, na którym zaproponowano pojęcie *silez* dla oznaczenia karbonu górnego).

Nie można oczywiście pominąć w żadnym przypadku wkładu legendarnej Pani petrolog Marlies Teichmüller (zmarłej w 2000 r.), której aktywność naukowa datuje się już od lat 30. ubiegłego wieku oraz jej małżonka Rolfa Teichmüllera.

Nie można przeoczyć znacznego wkładu polskich uczonych w dzieło rozwoju petrologii, pierwszą pracę dotyczącą mikroskopowych badań węgla z Dąbrowy Górniczej opublikował w 1907 r. Stanisław Karczewski. Pierwszy polski podręcznik do petrografii węgla autorstwa T. Laskowskiego oraz M. Panusia powstał w Gliwicach w 1951 r. Podwaliny szkoły badań surowców mineralnych, w tym oczywiście i węgla, na Śląsku stworzył prof. Jan Kuhl, który wypromował 33 doktorów nauk technicznych, a tematyka 19 rozpraw związana jest z petrologią węgla. Znaczący jest też wkład prof. Wiesława Gabzdyla, twórcy śląskiej szkoły petrologii węgla, który w 1978 r. opublikował m.in. „Wybrane zagadnienia z petrografii węgla”. Kazimiera Hamberger, współpracująca m.in. z E. Stachem, w 1968 r. opublikowała „Sapropelity Górnego Śląska“, a w 1969 r. stała się pierwszym członkiem rzeczywistym International Committee for Coal Petrology, pochodzącym z Polski. Należy także zaznaczyć osiągnięcia Bronisławy Hanak stosującej metody petrologiczne w poznawaniu procesów przeróbki węgla (m.in. Charakterystyka petrograficzna węgla koksowych z kopalni Moszczenica, rozprawa doktorska 1976).

2. Węgiel i warunki jego powstawania

Po wyjaśnieniu czym jest petrologia węgla i jak się rozwijała oraz jakie jest znaczenie węgla dla gospodarki światowej należałoby także pokrótce objaśnić czym jest węgiel, jakie są jego własności, jak powstaje i w jakich warunkach występuje.

Otóż węgiel – kopalne paliwo stałe, czyli kaustobiolit jest skałą pochodzenia fitogenicznego – roślinnego, zbudowaną głównie z pierwiastków węgla C, wodoru H, tlenu O, azotu N oraz siarki S. Węgiel nie jest minerałem, lecz klasyfikowany jest pośród skał, bowiem charakteryzuje się różnym składem chemicznym i właściwościami fizycznymi

(m.in. barwą, połyskiem, zwięzłością). Węgiel tworzy w przyrodzie różniący się stopniem uwęglenia tzw. szereg węglowy:

torf → **węgiel brunatny** → **węgiel kamienny** → **antracyt** → **grafit**,

w którym obserwuje się wzrastającą zawartość pierwiastka węgla C i malejącą zawartość wodoru oraz tlenu.

Petrologia węgla podejmuje również badania łupków węglowych, węglistych, węgli sapropelowych (które można określić mianem pośrednich pomiędzy węglem a ropą naftową/węglowodorami), liptobiolitów (np. spory, żywice, tkanka korkowa) oraz specjalnych odmian węgla.

Węgiel tworzy się w procesie torfienia, wskutek rozkładu i uwęglenia materiału węglotwórczego, który stanowią zasadniczo rośliny bagiennie-lądowe. Proces torfienia zachodzi przy braku lub skąym dostępie tlenu, a w jego wyniku w torfowisku tworzy się torf (rys. 1).



Rys. 1. Rekonstrukcja torfowiska karbońskiego – Muzeum Górnictwa Węglowego, Zabrze (po lewej) oraz przygotowanie do eksploatacji torfu we współczesnym torfowisku - Góra Svateho Sebastiana, Góry Kruszcowe na pograniczu CZ/D (po prawej)

Fig. 1. Reconstruction of carboniferous peat bog – Museum of Coal Mining, Zabrze (left side) and preparation to peat exploitation in a present peat bog - Mount Svaty Sebastian, Erzgebirge Mountain, on the boundary CZ/D (right side)

W przypadku gdy przy braku tlenu gniją rośliny wodne, bogate w białka i tłuszcze, tworzy się bogatszy w wodór produkt bituminizacji – sapropel. Te zjawiska różnicowania materiału węglotwórczego zachodzą w **stadium biochemicznym**, a ich główną przyczyną jest działalność mikroorganizmów, która powoduje powstanie z ligniny i celulozy kwasów humusowych oraz w dalszej kolejności ich żelifikacji.

Kolejnym etapem przemian substancji węglotwórczej jest **stadium geochemiczne** (po zaniku procesów biologicznych), które zazwyczaj zbiega się z chwilą przykrycia torfowiska i obejmuje diagenzę oraz metamorfizm węgla (rys. 2).



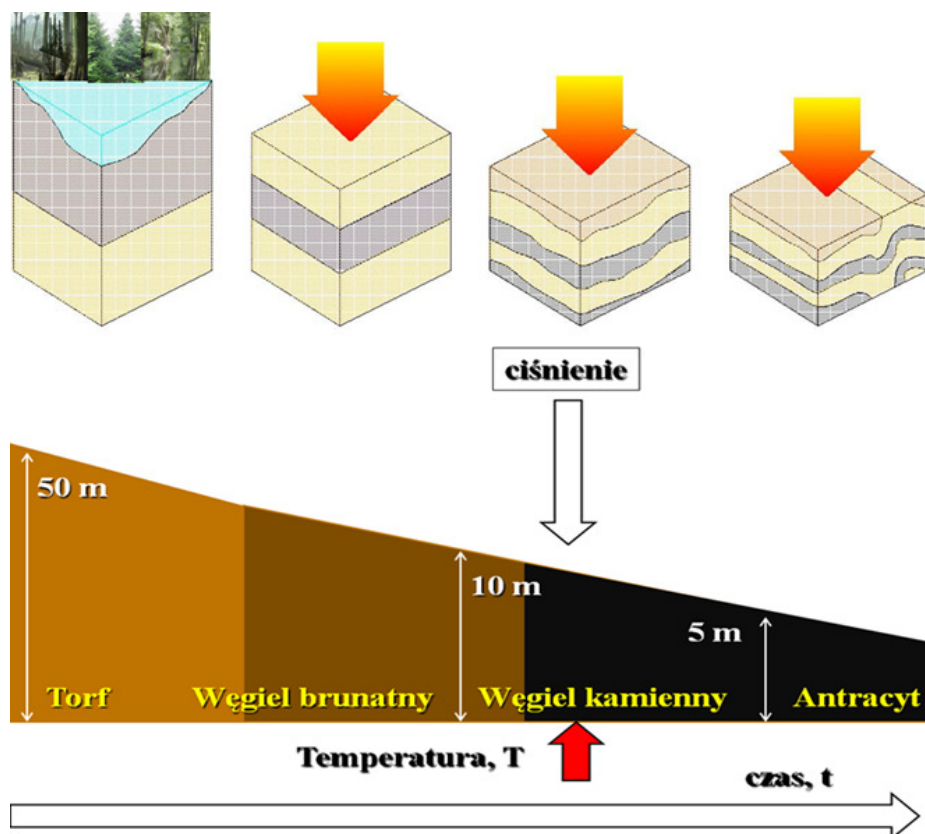
Rys. 2. Schemat przedstawiający przebieg procesów humifikacji, żelifikacji oraz uwęglania, powodujących wzrost zawartości pierwiastka C

Fig. 2. Scheme of humification, gelification and coalification processes, which are caused of C^{daf} increase

W stadium geochemicznym nie występują już procesy biologiczne. W przetwarzanej, pod wpływem procesów chemicznych, masie organicznej zachodzą dalsze zmiany, m.in. zmienia się barwa poszczególnych członów szeregu węglowego (od różnego rodzaju odmian brązu po czarny i szaro-czarny), w początkowo matowym materiale węglowym pojawia się połysk oraz oczywiście następuje przede wszystkim wzrost zawartości pierwiastka C oraz pojawiają się korzystne cechy technologiczne. Czynniki przemian węgla w tym stadium są temperatura, ciśnienie i czas.

Oprócz składników organicznych w węglach mogą występować i występują różnej wielkości ziarna minerałów: ilastych (kaolinit, illit, montmorillonit), węglanów (Ca, Mg, Fe), siarczków (piryt, markasyt), grupy kwarcu (SiO_2), tlenków i wodorotlenków, fosforanów, siarczanów, chlorków, a także minerały ciężkie. Minerale te mogą tworzyć się równocześnie z substancją organiczną (syngenetycznie) lub później (epigenetycznie).

Grubość warstwy torfu podczas przejścia w węgiel kamienny ulega wyraźnemu pomniejszeniu, nawet dziesięciokrotnemu. Oddziaływanie temperatury i ciśnienia na substancję węglotwórczą jest uzależnione od warunków geotektonicznych, które umożliwiają lub nie pograżenie pokładów węgla na duże głębokości (rys. 3).



Rys. 3. Proces przejścia torfu poprzez węgiel brunatny i kamienny w antracyt
Fig. 3. Process of peat transition through the brown and hard coal to anthracite

W jakich warunkach z torfu mogą tworzyć się pokłady węgla i powstawać zagłębia węglowe? Otóż w dziejach naszej planety mogło to zachodzić dopiero z chwilą pojawienia się roślinności. Powszechnie znany jest znaczny rozwój roślinności – paprotników w karbonie górnym, lecz znane są także antracyty pochodzenia glonowego (?) z prekambriu rejonu Michigan oraz szungity z Karelii, a także górnosylurskie, bitumiczne kukersyty z Estonii, jak również znacznie młodsze utwory niewątpliwie pochodzenia roślinnego (z psylofitów) dolnego dewonu, np. z Reńskich Gór Łupkowych, środkowego i górnego dewonu Kazachstanu, Zagłębia Kuźnieckiego oraz karbonu dolnego np. Zagłębia Podmoskiewskiego. Drugim, niezbędnym warunkiem tworzenia się pokładów węgla jest lokalizacja geograficzna, umożliwiająca rozwój roślinności, a więc klimat wilgotny, od umiarkowanego do tropikalnego, z tym że w tym pierwszym wzrost roślin jest słabszy, wolniej zachodzi też

rozkład masy roślinnej aniżeli w klimacie tropikalnym. Wreszcie trzeci warunek, umożliwiający powstawanie złóż węgla to odpowiednie środowisko geotektoniczne, w którym zachodzi zjawisko subsydencji, czyli osiadania podłoża obszaru występowania torfowisk [1, 2, 3, 33, 34].

Torfowiska mogą występować wszędzie tam, gdzie występuje szata roślinna, co umożliwia odpowiednie środowisko geograficzno-klimatyczne. Jednakże przekształcenie się kopalnych torfowisk w pokłady węgla, także w te o znacznej grubości, możliwe jest jedynie w obszarach o zgodności tempa przyrostu masy torfowej i prędkości pogrążania obszaru. Gdyby tempo subsydencji było większe od przyrostu torfowiska, doszłoby do zatopienia torfowiska, w przeciwnych przypadku dojdzie do jego zarastania lasem. Współcześnie w warunkach polskich tempo przyrostu torfowiska szacowane jest na 1 mm/rocznie.

Złoże węgla mogą zatem powstawać w warunkach ogólnie określanych jako platformowe lub geosynkinalne. W tych pierwszych warunkach subsydencja jest znacznie słabsza, miąższość serii węglonośnej nieznaczna i zazwyczaj tworzą się nieliczne, o dużej grubości pokłady węgla. Jest to charakterystyczne m.in. dla wschodniej części Zagłębia Górnośląskiego, lecz także dla złóż węgla brunatnych Bełchatowa, Konina i Turoszowa. W warunkach geosynkinalnych seria węglonośna może osiągać grubość do kilku km, a liczba pokładów węgla może być znaczna. Przykładem takich warunków jest obszar zachodniej części GZW, w której zlokalizowany jest rejon Jastrzębia [2, 3].

Pierwszorzędnymi czynnikami wpływającymi zatem na budowę pokładu węgla/złoża, jego grubość, a także jakość węgla i jej zmienność w pokładzie są warunki przyrodnicze. Dopiero w dalszej kolejności na jakość węgla mogą wpływać czynniki techniczne, związane z eksploatacją węgla i jego przeróbką.

3. Stosowanie badań petrologicznych we współczesnych metodach oceny jakości węgla

Gospodarka rynkowa wymaga od producentów węgla kamiennego dostarczania produktu o ściśle określonych parametrach jakościowych, co związane jest z technologią procesów jego wykorzystania i wymaganiami ochrony środowiska. Wszechstronne wykorzystanie węgla kamiennego wymaga przede wszystkim oceny jego jakości na podstawie różnorodnych metod, w tym szczególnie chemiczno-technologicznych, fizycznych (optyczne) oraz petrologicznych, m.in. [4, 11, 17, 32]. Uzyskane tymi metodami wskaźniki, zwane parametrami jakości węgla, mogą mieć charakter uniwersalny, niezależny od przeznaczenia

i kierunku wykorzystywania węgla (np. zawartość popiołu i wilgoci) lub też są to wskaźniki o charakterze specjalnym – ściśle określają przeznaczenie węgla i jego wykorzystanie w procesach technologicznych, np. wskaźniki koksownicze jak spiekalność RI, SI albo parametry dylatometryczne a , b dla węgla koksowego.

Informacja o jakości węgla i jej zmienności w pokładzie musi być dostarczana przez geologów, oczywiście oprócz informacji o budowie złoża, budowie pokładu, jego grubości, występujących zaburzeniach i zagrożeniach, czyli charakterystyki geologiczno-górnicznej pokładów węgla, pozwalającej górnikom zastosować odpowiedni system udostępnienia złoża oraz efektywną i bezpieczną technologię eksploatacji.

Państwa wydobywające znaczne ilości węgla kamiennego, czyli tzw. kraje węglowe, w przeszłości posiadały własne normy określające wymagania jakościowe węgla. Szacowanie jakości węgla kamiennego i jego klasyfikacja prowadzone było w różny sposób, w poszczególnych krajach i dotyczyło to zarówno producentów węgla, jak i jego odbiorców. Wieloletnie prace międzynarodowych gremiów naukowych, zmierzające do ujednoczenia standardów oceny jakości węgla umożliwiły wprowadzenie klasyfikacji międzynarodowej, która ułatwia porównanie różnorodnych ocen jakości węgla. Międzynarodowy System Kodyfikacji Węgla ECE – Genewa podobnie jak Klasyfikacja Węgla w Pokładzie ECE – Genewa opierają się na nowoczesnych, powszechnie uznanych i obowiązujących wskaźnikach, obejmujących dwie fundamentalne grupy parametrów, precyzyjnie określających stopień uwęglenia (średnia refleksyjność wityrynytu R_r) i skład petrograficzny (zawartość macerałów grupy wityrynytu, liptynytu i inertynyty). Standardy te uwzględniają również trzecią, podstawową grupę parametrów charakteryzujących jakość kopaliny, tj. zawartość popiołu i siarki całkowitej [12, 13, 25, 28].

W praktyce przemysłowej i handlowej mogą jednakże nadal obowiązywać dotychczasowe normy poszczególnych krajów, z ich zaletami, jak również wadami. Przykładem tego jest polska klasyfikacja węgla na typy technologiczne (PN-82/G-97002), która uwzględnia jedynie pięć parametrów jakości stosowanych w klasyfikacji międzynarodowej, tj. V^{daf} , RI, b , SI i GCV^{daf} . Nie uwzględnia ona niestety parametrów pozwalających precyzyjnie określić stopień uwęglenia, czyli średniej refleksyjności wityrynytu R_r oraz składu petrograficznego (z wyjątkiem węgla typu 35.2, gdzie co prawda istnieje postulat określonego udziału macerałów grupy inertynyty, lecz jego niespełnienie pozostaje bez konsekwencji na oznaczenie typu węgla).

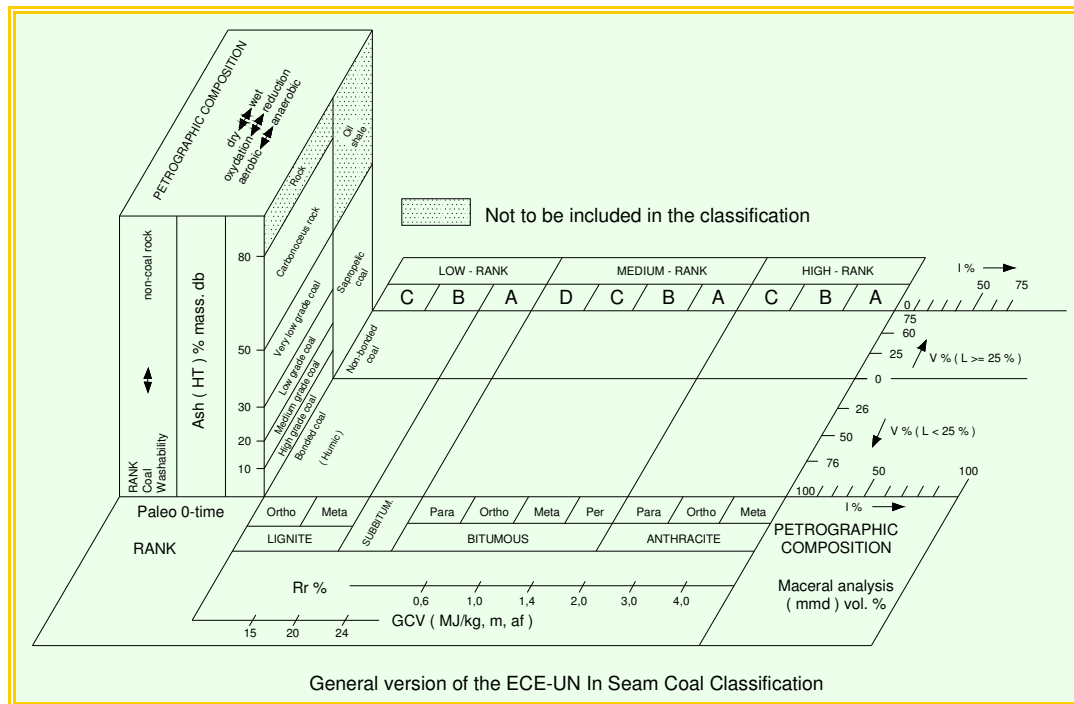
Poprawne określenie parametrów jakościowych węgla kamiennego w złożu, czyli szacowanie jego jakości z odpowiednią dokładnością powinno uwzględniać stopień

znajomości budowy geologicznej złoża, bowiem szacowanie jakości jest uzależnione od stopnia rozpoznania złoża. Możliwość popełnienia błędu podczas szacowania jakości węgla jest duża, a błędy te mogą znacząco wpływać na koszty produkcji węgla. Uwaga ta dotyczy szczególnie węgla koksowych, dla których konieczne jest oznaczenie znacznie większej liczby parametrów, aniżeli w przypadku węgla energetycznych. Należy również zwrócić uwagę na często występującą rozbieżność oczekiwań względem metod i sposobów określania jakości węgla zarówno przez jego producentów, jak i użytkowników. Zazwyczaj największe wymagania związane z precyzją określanych parametrów jakości dotyczą węgla koksowego i stawiane są przez chemików węgla oraz koksowników. Nie można też pominąć wymagań odnośnie do parametrów dotyczących ochrony środowiska (np. zawartość siarki, popiołu) stawianych węglom energetycznym. Postulaty te są w wielu przypadkach trudne lub wręcz niemożliwe do spełnienia przez górników, którzy wydobywając węgiel muszą w pierwszej kolejności spełnić wymagania związane z zasadami sztuki górniczej, w tym szczególnie bezpieczeństwa. Trudności w spełnieniu wymagań odbiorców węgla, odnośnie do precyzji w szacowaniu jakości węgla wynikają także z uwarunkowań geologicznych. Czynniki geologiczne mogą powodować w niektórych przypadkach, jak to ma miejsce m.in. w obszarze Jastrzębia, znacznie większą zmienność jakości węgla w złożu aniżeli możliwości jej precyzyjnego szacowania. Wiele do życzenia pozostawiają także dotychczas stosowane w polskim przemyśle węglowym procedury określania jakości węgla w złożu, a ponadto selektywne wydobycie węgla o ściśle określonej jakości jest utrudnione przez stosowane systemy produkcji. Nasz przemysł wydobywczy nie może jednakże unikać działań w zakresie poprawy znajomości jakości swojego produktu, jakim jest zarówno węgiel energetyczny, jak i koksowy. W gospodarce rynkowej bowiem odbiorca, np. producent koksu, ma możliwość pozyskania na rynkach światowych węgla o pożądanej i precyzyjnie określonej jakości.

Przedstawione uwarunkowania i dylematy związane z szacowaniem jakości węgla w złożu stawiają zatem wobec petrologii węgla oraz geologów górniczych (i służb zajmujących się zbliżonymi działaniami np. przeróbce węgla) istotne zadania. Polegać one powinny na wypracowaniu kompromisu pomiędzy wymaganą w tym zakresie przez chemika precyzją a możliwością górników w ich spełnieniu.

Współczesne metody oceny jakości węgla w pokładzie opierają się na trzech, fundamentalnych grupach parametrów, określających: stopień uwęglenia (Rank), skład petrograficzny (Petrographic Composition) oraz stopień zanieczyszczenia (Grade).

Stopień uwęglenia określany jest za pomocą średniej zdolności odbicia światła wityrytnu (R_r , %) lub wartością opałową (GCV^{maf} , $MJ \cdot kg^{-1}$). Skład petrograficzny wyznaczamy mikroskopowo oznaczając udział (w % vol.) macerałów grupy wityrytnu (Vt), egzynitu (E lub L) i inertynitu (I), a stopień zanieczyszczenia określany jest zawartością popiołu A^d , % mas. (rys. 4).



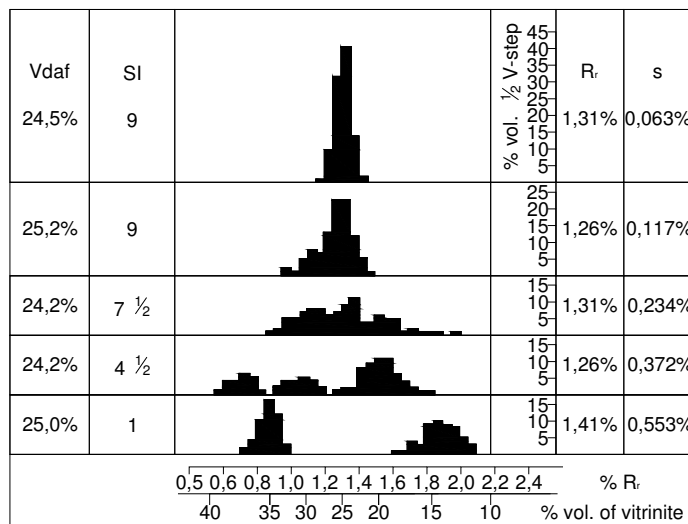
Rys. 4. Międzynarodowa Klasyfikacja Węgla w Pokładzie [12]

Fig. 4. International Classification of Seam Coals [12]

Efektywne wykorzystanie węgla i handel tym nośnikiem energii ułatwia międzynarodowa klasyfikacja węgla – kodyfikacja węgli [13]. W tej klasyfikacji określa się parametry optyczne (zdolność odbicia światła wityrytnu, charakterystyka reflektogramu), parametry charakteryzujące skład petrograficzny i wskaźniki chemiczno-technologiczne, w tym także wspomnianą już zawartość popiołu, wilgoci i wartość opałową a także sortymenty.

Polska Norma określająca typy węgla charakteryzuje się częstym brakiem jednoznaczności w klasyfikacji węgla, co wykazano w licznych publikacjach, m.in. [25, 28]. Ma jeszcze jeden istotny mankament, jakim jest brak stosowania badań petrograficznych węgla. Dotyczy to przede wszystkim oznaczeń średniej refleksyjności wityrytnu, ich brak nie pozwala na precyzyjne określenie stopnia uwęglenia pierwszorzędny parametru, pozwalającego scharakteryzować węgiel. Stosowanie tego parametru, jak również reflektogramu pozwala łatwo odróżnić mieszanki węglowe od węgla jednorodnych (rys. 5).

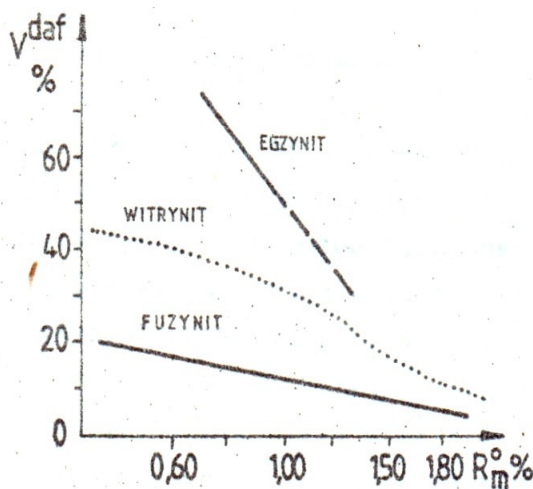
Brak znajomości wartości refleksyjności i jego rozkładu, czyli reflektogramu może powodować nawet znaczne błędy w dokładności szacowania parametrów węgla, zarówno w obrębie poszczególnych pokładów (zmiany lateralne), jak i w złożu, na płaszczyznach przekrojów geologicznych (zmiany wertykalne).



Rys. 5. Zestawienie wybranych parametrów jakościowych mieszanek węglowych (według [33], zmienione i uproszczone)

Fig. 5. Chosen qualitative parameters of coal mixture (according [33] changed and simplified)

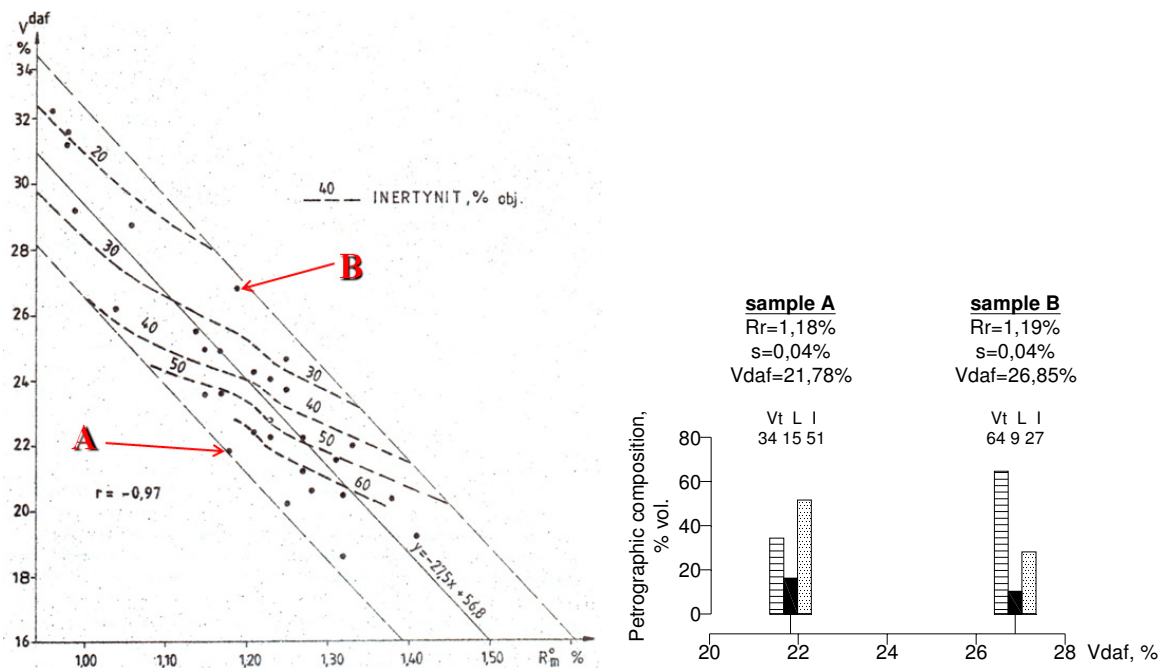
W niektórych przypadkach znajomość refleksyjności węgla może być nadal niewystarczająca dla prawidłowego oszacowania jakości węgla. W złożach bowiem występują węgle o niemal identycznej refleksyjności, a różniące się, i to znacznie, zawartością części lotnych. Wynika to z istotnych różnic w składzie petrograficznym węgla. Macerały grupy inertynitu charakteryzują się brakiem lub słabszymi właściwościami koksowniczymi oraz niższą zawartością części lotnych, aniżeli wityrnyty i egzynity (rys. 6).



Rys. 6. Zmienność zawartości części lotnych i zdolności odbicia światła macerałów [2]

Fig. 6. Changeability of volatile matter content and reflectance of the maceral groups [2]

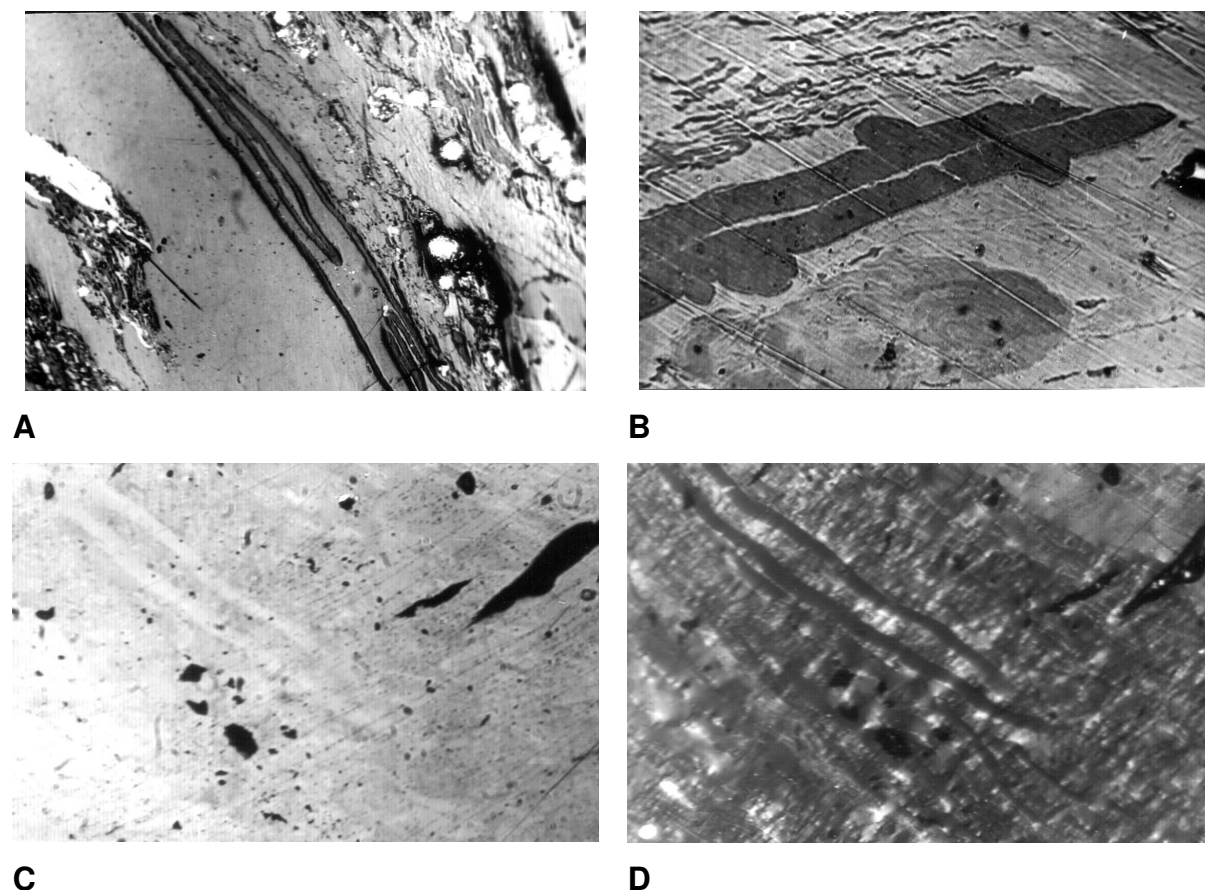
Zatem przewaga macerałów inertynitowych w węglu nad pozostałymi wpływa na wyraźne obniżenie zawartości części lotnych w węglu, a przewaga macerałów grupy wityrnytu wpływa z kolei na poprawę własności koksowniczych i pewien wzrost zawartości części lotnych. Najwyższą zawartość części lotnych wykazują macerały egzynitowe, lecz zazwyczaj ich udział w węglach nie przekracza kilku, rzadziej kilkunastu % i dlatego ich wpływ na podwyższenie części lotnych nie jest znaczący. Przykład węgla z rejonu Jastrzębia o niemal identycznej zdolności odbicia światła, a różniących się zawartością części lotnych, związaną z różnym udziałem macerałów grupy inertynitu, przedstawia rys. 7.



Rys. 7. Zestawienie składu petrograficznego i zawartości części lotnych dwóch próbek o zbliżonej wartości średniej refleksyjności wityrnytu i z różnym udziałem inertynitu [7, 25, 28]

Fig. 7. Petrographical composition and volatile matter content of two samples characterized by medium value of vitrinite reflectance and different inertinite contents [7, 25, 28]

Badania petrograficzne nie zawsze muszą obejmować oznaczenia udziału objętościowego poszczególnych grup macerałów. W niektórych przypadkach wystarczy jedynie określenie cech morfologicznych, w tym barwy macerałów i różnicy kontrastu pomiędzy nimi, a także oznaczenia fluorescencji i jej barwy, czyli badania petrograficzne jakościowe. Najlepiej do tego typu badań przydatne są obserwacje różnic kontrastu pomiędzy macerałami grupy liptynitu i wityrnytu. Im węgle są niżej uwęglone, tym większa różnica kontrastu i łatwiej rozpoznać macerały liptynitowe, np.: sporynit, kutynit od wityrnytowych. W miarę wzrostu stopnia uwęglenia różnice kontrastu stopniowo zanikają, a w antracytach pseudomorfozy po kutynicie mogą nawet wykazywać wyższą aniżeli wityrnytu refleksyjność (rys. 8).



Rys. 8. Różnice kontrastu optycznego pomiędzy macerałami grup liptynit i wityrinitu: A – wydłużony kutynit (ciemny, cienki) wyraźnie kontrastuje z sąsiadującym z nim kolotelinitem (węgiel koksowy, $R_r=1,02\%$, pokład 404/1 KWK Borynia); B – wydłużona makrospora (w środkowej części zdjęcia) kontrastuje z otaczającym wityrinitem (węgiel koksowy, $R_r=0,96\%$, pokład 357/1 KWK Pniówek); C – wydłużona ukośnie pseudomorfoza po kutynicie wykazuje wyższą refleksyjność, aniżeli otaczająca masa wityrinitowa (antracyt, $R_r=3,39\%$, pokład 504/2 KWK Moszczenica); D – ta sama fotografia przy skrzyżowanych nikolach (NX), anizotropia pozwala dostrzec kontury kutynitu [18, 25, 28]

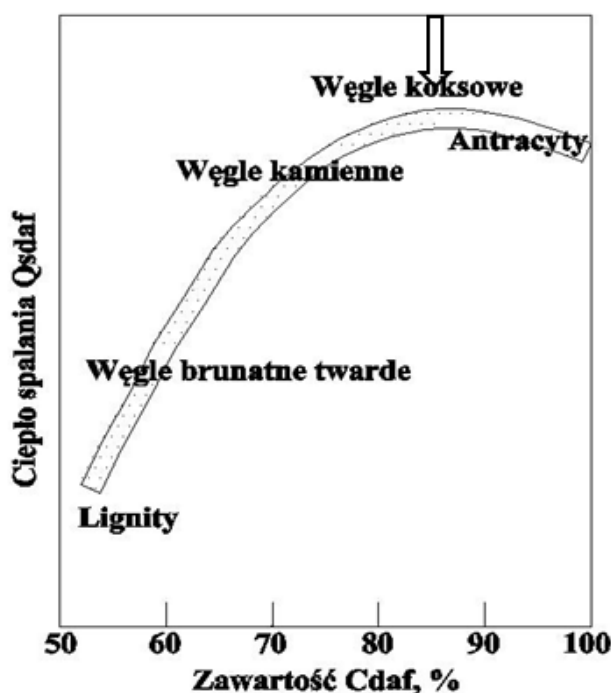
Fig. 8. Optical contrast differences between macerals from liptinite and vitrinite groups: A – elongated cutinite (dark, thin), contrasting with adjacent collotelinite (coking coal $R_r=1,02\%$, coal bed 404/1 Borynia Mine); B – elongated macrospore (in the middle part of photo) contrasting with surrounding vitrinite (coking coal, $R_r=0,96\%$, coal bed 357/1 Pniówek Mine); C – elongated diagonally pseudomorph after cutinite characterized by higher reflectivity than surrounding vitrinite mass (anthracite, $R_r=3,39\%$, coal bed 504/2 Moszczenica Mine); D – the same photo by cross Nicol prisms (NX), thanks to anisotropy contour of cutinite is visible [18, 25, 28]

4. Węgle koksowe rejonu Jastrzębia

Węgle koksowe, oczywiście także i te z rejonu Jastrzębia, charakteryzują się specyficznymi własnościami, przede wszystkim są przydatne do wytwarzania koksu. Własności te pojawiają się w ściśle określonym przedziale szeregu uwęglenia,

odpowiadającemu węglom średnio uwęglonym. W warunkach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, w zależności od rejonu, pojawiają się one już przy zawartości części lotnych $V^{\text{daf}} \sim 31\%$ i mniejszej oraz przy zdolności odbicia światła wityrynytu $R_r \sim 1,0 - 1,1\%$.

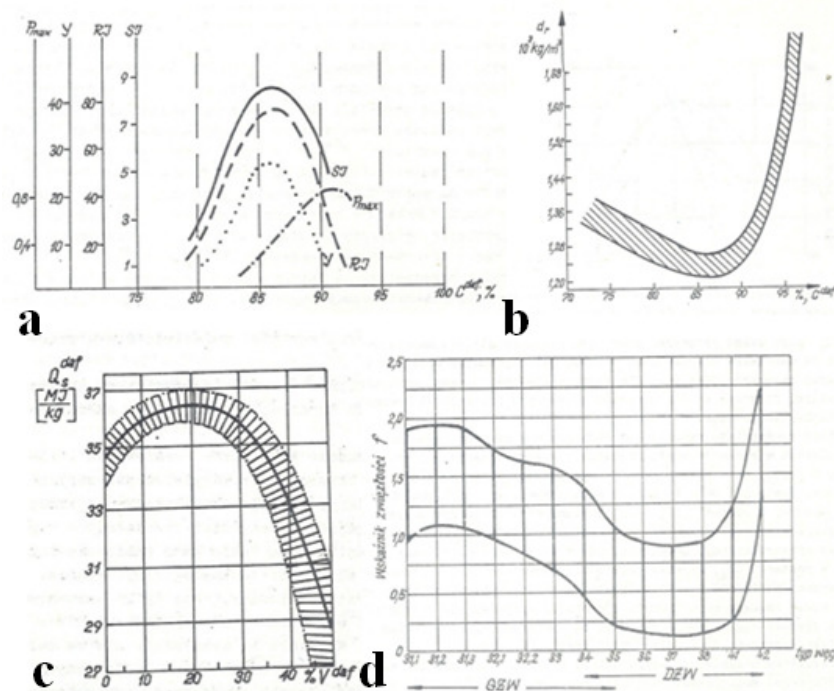
Zarówno węgle niżej uwęglone brunatne – subbitumiczne i bitumiczne, kamienne energetyczne (charakteryzujące się wyższymi niż podane zawartościami części lotnych oraz równocześnie niższą zdolnością odbicia światła), jak i wyżej uwęglone, czyli chude, antracytowe i antracyty (o niższej od koksowych zawartości V^{daf} oraz wyższych wartościach R_r) nie wykazują własności koksowniczych (rys. 9).



Rys. 9. Własności koksownicze w szeregu uwęglenia na tle zależności ciepła spalania od udziału pierwiastka węgla wg [33, 34]

Fig. 9. Coking properties in coalification against relationships heat of combustion from carbon content [33, 34]

Węgle koksowe w porównaniu do innych członów szeregu uwęglenia wykazują charakterystyczne minima lub maksima swoich własności, m.in. maksymalną spiekalnością RI, wartościami wskaźnika wolnego wydymania SI, maksymalnymi wartościami ciśnienia rozprężania P_{max} oraz grubością warstwy plastycznej X wg Sapoźnikowa, a także, o czym już wspomniano, maksymalnymi wartościami ciepła spalania Q_s^{daf} (rys. 10a, c). Węgle koksowe wykazują natomiast minimalne wartości gęstości oraz zwięzłości w szeregu uwęglenia (rys. 10b, d).



Rys. 10. Własności koksownicze w zależności od zawartości C^{daf} (a), gęstość w zależności od zawartości C^{daf} (b), ciepło spalania w zależności od zawartości V^{daf} (c) oraz zwięzłość węgli górnośląskich i dolnośląskich (d) według [2]

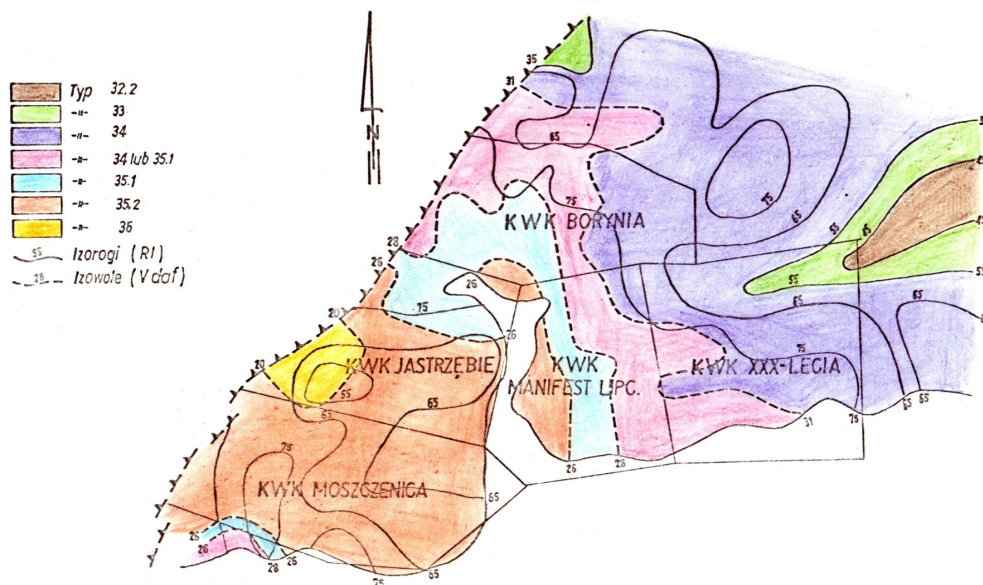
Fig. 10. Coking properties according to C^{daf} content (a), density according to C^{daf} content (b), heat of combustion according to V^{daf} (c) and density of coals from Upper and Lower Silesian Basins [2]

Jakość węgla rejonu Jastrzębia i szerzej rejonu rybnickiego – ROW, w którym zlokalizowano po II Wojnie Światowej nowe kopalnie węgla kamiennego wzbudzała szerokie zainteresowanie zarówno po stronie geologów i górników, jak i odbiorców, szczególnie koksownictwa. W obszarze Jastrzębia, w którym znajduje się baza zasobowa węgla koksowych o podstawowym znaczeniu dla naszego kraju, pojawiły się węgle koksowe o nieco odmiennych właściwościach aniżeli dotychczas użytkowane. Wywołało to pewne reperkusje u producentów koksu i znalazło odbicie nawet w kilku zmianach Polskiej Normy, klasyfikującej węgle na typy. W miejsce węgla ortokoksowych typu 35 wprowadzono podtypy 35.1 oraz 35.2, przy czym ten pierwszy charakteryzował bardziej jakość nowo udostępnionej i eksploatowanej bazy zasobowej (tzw. węgle jastrzębskie), a podtyp 35.2 bardziej odpowiadał klasycznym węglom koksowym dawnego typu 35, wg PN. W następnych latach, w miarę wzrostu produkcji i podaży węgla jastrzębskich oraz wypierania z „rynku” pozostałych pojawiały się kolejne modyfikacje PN, m.in. wprowadzono podtypy 35.2 A oraz 35.2 B.

Na czym polegała różnica pomiędzy tzw. węglami jastrzębskimi a dotychczas stosowanymi do wytwarzania koksu? Otóż sprowadzała się ona zasadniczo do słabszych

własności koksowniczych węgla jastrzębskich aniżeli dotychczas użytkowanych do produkcji koksu np. z rejonu Gliwic (Nb. należy żałować, że kopalnia Gliwice posiadająca węgle koksowe o chyba najlepszych w Europie własnościach została zlikwidowana). Słabsze własności koksownicze węgla jastrzębskich są dość zgodnie tłumaczone ich odmiennym składem petrograficznym, w którym stwierdza się podwyższony udział macerałów grupy inertynitu oraz oddziaływaniem innych czynników geologicznych w procesie powstawania węgla jastrzębskich.

Specyfika węgla jastrzębskich oraz całości obszaru południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, występujących w pofałdowanej i o znacznej grubości serii węglonośnej w geosynklinalnej części Zagłębia została lepiej poznana dopiero wraz z zastosowaniem metod petrologicznych. Badania te umożliwiły m.in. lepsze wytłumaczenie zaobserwowanych już uprzednio różnic w obrazie pola uwęglenia i jakości węgla badanego obszaru. Zwrócono uwagę na możliwość występowania węgla typów 36 (w pewnym przybliżeniu także najwyżej uwęglonych) w strefie graniczącej z zaburzeniem orłowsko-boguszowickim na zachodzie obszaru (rys. 11).

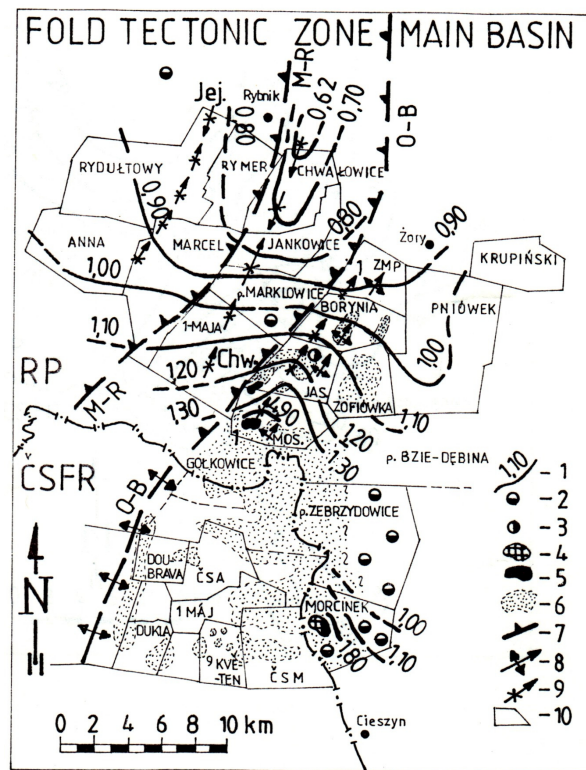


Rys. 11. Występowanie typów węgla w obszarze badań oraz zróżnicowanie ich spiekalności wg RI, za Kempa S. 1975 z [15]

Fig. 11. Coal type after Polish Standards in study area and diversification of its sinterability according to Roga Index [15]

Ogólny obraz pola uwęglenia omawianego obszaru przedstawia rys. 12. Wynika z niego, że najwyższą zdolność odbicia światła o wartości $R_o \sim 4,90\%$ stwierdzono w obszarze dawnej kopalni Moszczenica. W rejonie tym występują także antracyty i węgle antracytowe, a wielkość ich zasobów dochodzi do ~ 900 tys. t. Strefę podwyższonego uwęglenia

stwierdzono także w obszarze zlikwidowanej KWK „Morcinek”, gdzie intruzje magmowe o charakterze bazaltów przecinały pokłady węgla, powodując powstanie naturalnych koksów i węgla kulistych [5, 6, 7, 8, 9, 16, 17, 18].

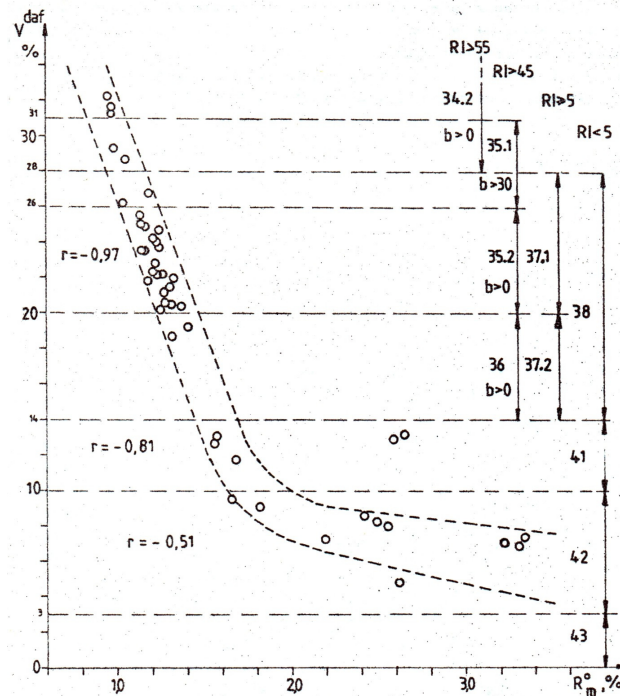


Rys. 12. Zdolność odbicia światła wityrynytu węgla SW części GZW wraz z obszarem Jastrzębia. Obszar zakropkowany oznacza tzw. utwory pstre. [6, 9, 18, 29] 1-izolinie refleksyjności wityrynytu Ro; 2, 3-skały magmowe stwierdzone otworami wiertniczymi; 4-magmatic rocks koks naturalne; 5-antracyty, semiantracyty; 6-utwory pstre; 7-nasunięcia; 8-oś antykliny Jastrzębia ; 9-oś synkliny; 10-obszary górnicze

Fig.12. Vitrinite reflectance of coals from SW part of Upper Silesian Basin with Jastrzębie area. Spotted area is connected with so-called “red beds” barren measures [6, 9, 18, 29] 1-reflectance isolines Ro; 2, 3-magmatic rocks in bore-holes; 4-magmatic rocks ascertained with mining works; 5-anthracites, natural coke; 6-red beds; 7-overthrusts; 8-Jastrzębie anticline axis; 9-Jastrzębie syncline axis; 10-mining area

Należy podkreślić, że strefy o najwyższym uwęgleniu w obszarze jastrzębskim, niemające odpowiedników w pozostałych częściach GZW, zlokalizowane są na E od zaburzenia orłowsko – boguszowickiego (na południe w obszarze Republiki Czeskiej zaburzenie to ma charakter fałdu Orłowej). Węgla tej części rozpatrywanego obszaru charakteryzują się najczęściej podwyższonym, aczkolwiek zmiennym udziałem macerałów grupy inertynitu. Występujące na W od tego zaburzenia węgle w obszarze dawnej kopalni 1 Maja charakteryzują się mniejszym uwęgleniem (niższymi wartościami Ro) i wyższym udziałem wityrynytu [23, 24]. Minimum uwęglenia występuje natomiast w obszarze niecki chwałowickiej, w obrębie obszarów górniczych kopalń Chwałowice i Jankowice.

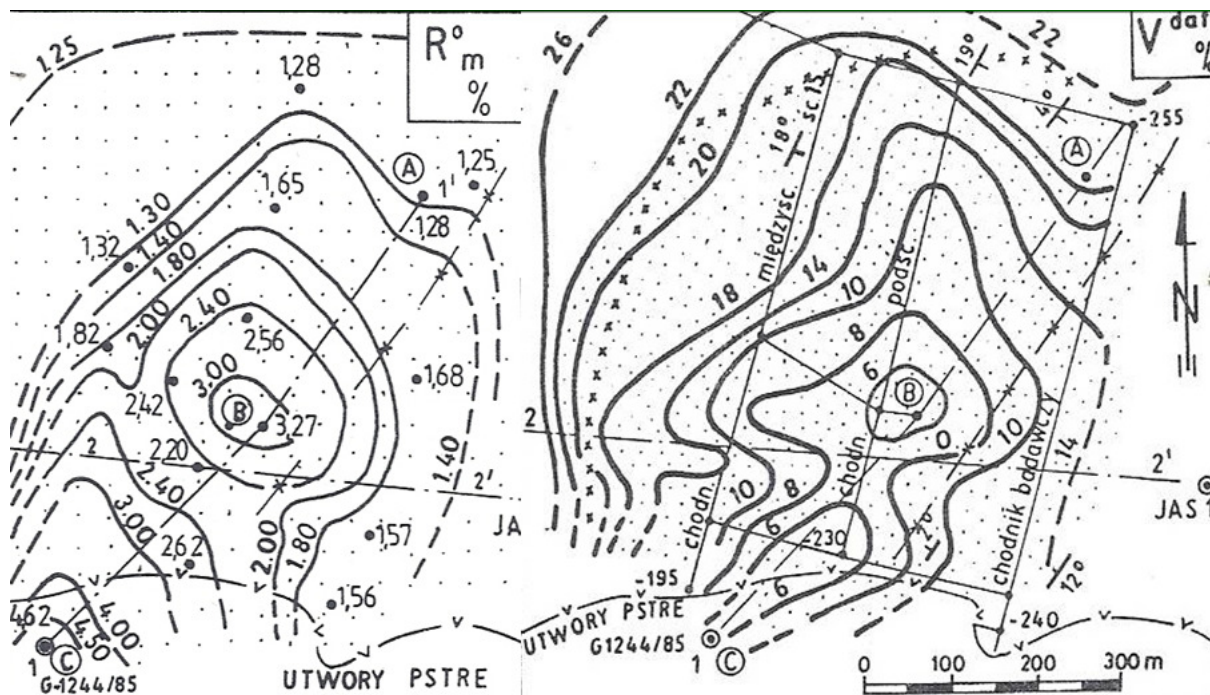
Węgle występujące w obszarze Jastrzębia (na E od nasunięcia orłowsko-boguszowickiego) charakteryzują się zróżnicowanymi własnościami i szerokim zakresem uwęglenia z przedziału $V^{\text{daf}} > 30\%$ do $\sim 5\%$ oraz $R_o \sim 0,90\%$ do $\sim 3,50\%$ (sporadycznie 4,90%). Oznacza to zakres typów węgla od gazowo-koksowych typu 34.2, poprzez ortokoksowe 35, meta- 36 i semiantracytów 37. Występują również węgle, które mogą być zaliczane do chudych 38 oraz semiantracytów 41 i antracytów 42 (rys. 13).



Rys. 13. Zakres zawartości części lotnych V^{daf} oraz zdolności odbicia światła wityrynytu R_o węgla rejonu Jastrzębia [7, 18]

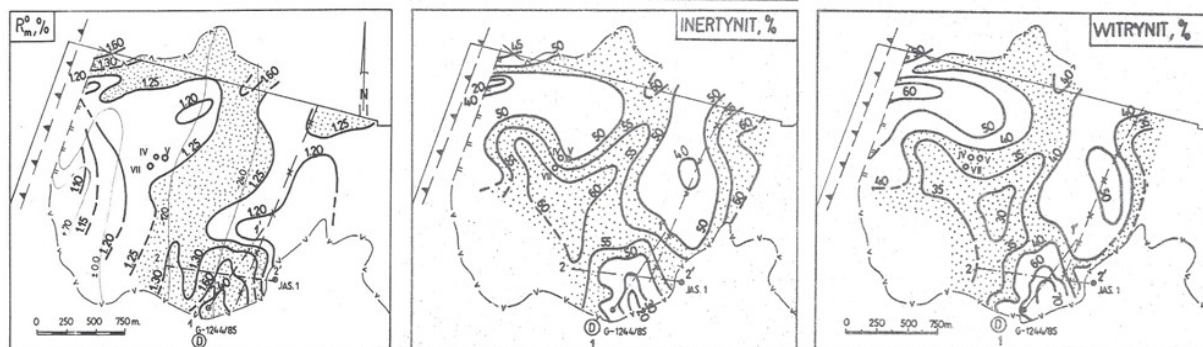
Fig. 13. Volatile matter V^{daf} content and vitrinite reflectance R_o of coal from Jastrzębie area [7, 18]

Stwierdzone w rejonie Jastrzębia współwystępowanie w jednym pokładzie węgla koksowych oraz antracytów i węgla antracytowych jest wielkim ewenementem [6, 7, 8, 9, 18, 34], nieopisywanym w innych zagłębiach węglowych świata. Antracyty stwierdzone w pokładach 504/2 oraz 505/1 występują pośród węgla koksowych o podwyższonej zawartości inertynitu i słabszej spiekalności. Węgle te tworzą otulinę o szerokości $\sim 130 - 300$ m wokół antracytów i węgla antracytowych. Dopiero poza tą otuliną występują węgle o podwyższonym udziale wityrynytu i lepszej spiekalności (rys. 14, 15, 16).



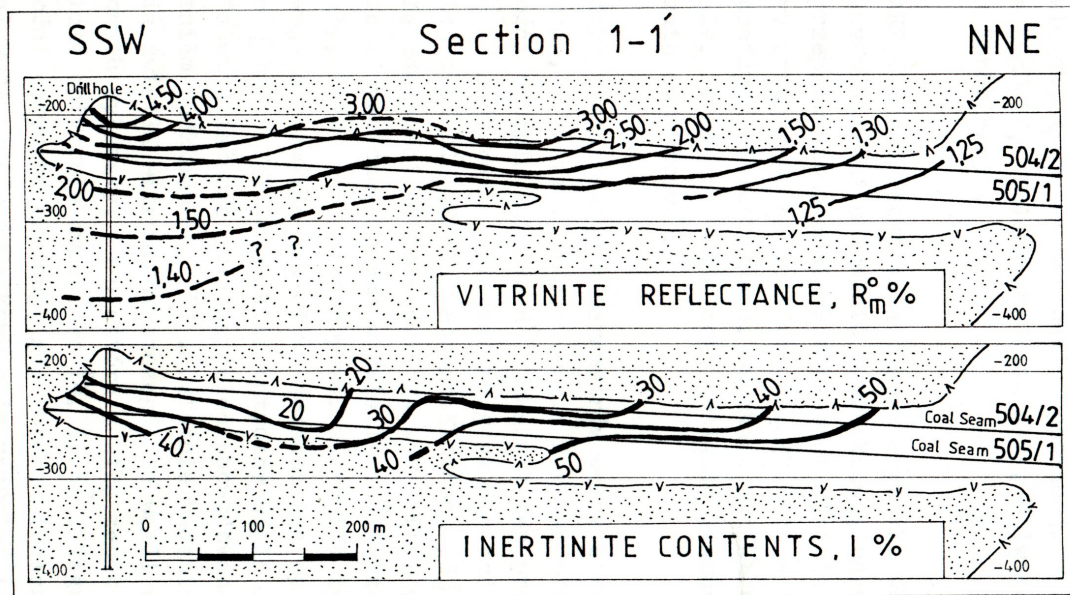
Rys. 14. Pokład 504/2 Zdolność odbicia światła wityrynytu R_m (po lewej) oraz zawartość części lotnych V^{daf} (po prawej). Utwory pstre występują na S od linii zaniku pokładu [6, 8, 9, 18]

Fig. 14. Coal Seam 504/2, vitrinite reflectance R_m (right side) and volatile matter V^{daf} content (right side). So-called "red beds" barren measures is located south from line of decline coal seam [6, 8, 9, 18]



Rys. 15. Pokład 505/1 Zdolność odbicia światła wityrynytu R_m , udział inertynitu I oraz wityrynytu. W obszarze zakropkowanym znajdują się węgle koksowe o obniżonych właściwościach koksowniczych ($R_m > 1,25\%$, $V^{daf} < 40\%$, inertynit $> 50\%$ vol., a wityrynit $< 40\%$ vol.). Utwory pstre występują na S od linii zaniku pokładu

Fig. 15. Coal Seam 505/1, vitrinite reflectance R_m , inertinite I and vitrinite contents. In spotted measures is located south from line of decline coal seam



Rys. 16. Przekrój geologiczny przedstawiający pokłady 504/2 oraz 505/1 wraz z zaznaczeniem zdolności odbicia światła wityryny R_o oraz udziałem inertynitu $I\%$ vol. Obszar zakropkowany wskazuje na występowanie tzw. utworów pstrych. Na lewej części przekroju zlokalizowany jest dołowy otwór wiertniczy D-1244/85

Fig. 16. Geological section of coal seams 504/2 and 505/1 with vitrinite reflectance and inertinite contents isolines. Spotted area shows localization of "red beds". On the left side of section, bore-hole D-1244/85 is localized

Geneza opisanego w pokładach 504/2 oraz 505/1 współwystępowania antracytów pośród wysokoinertynitowych węgla koksowych o obniżonych własnościach koksowniczych jest związana ze zjawiskami termalnymi – metamorfizmem termalnym, który zapewne pojawił się po utworzeniu serii węglonośnej karbonu, być może w trzeciorzędzie. Wskazuje się także na związek tych utworów i procesów z występowaniem tzw. utworów pstrych, rozprzestrzenionych zarówno w polskiej, jak i czeskiej części zagłębia, co przedstawiono na szkicu oraz przekroju geologicznym (rys. 12, 16).

Przejawy metamorfizmu termalnego, w którym ciepło oddziałuje pośrednio poprzez skały lub bezpośrednio na pokład węgla i jego otoczenie określono na podstawie dowodów pośrednich. Dowodami tymi są wykazane zmiany w budowie, własnościach i składzie petrograficznym węgla, a także rozproszonej substancji organicznej, które stwierdzono w obrębie dodatknych anomalii uwęglenia. Wykazano ponadto inwersje stopnia uwęglenia (uwęglenie wzrasta ku górze), co pozwoliło na wskazanie lokalizacji źródła ciepła znajdującego się w bezpokładowej strefie utworów pstrych. Utwory pstre mogą zaś zawierać silnie zmienione termicznie relikty utworów magmowych. Hipotetyczna grubość utworów magmowych mogła być pierwotnie znaczna, nawet 50 do 450 m. Opisana w rejonie badań sytuacja wskazuje na nakładanie się skutków oddziaływania metamorfizmu termalnego

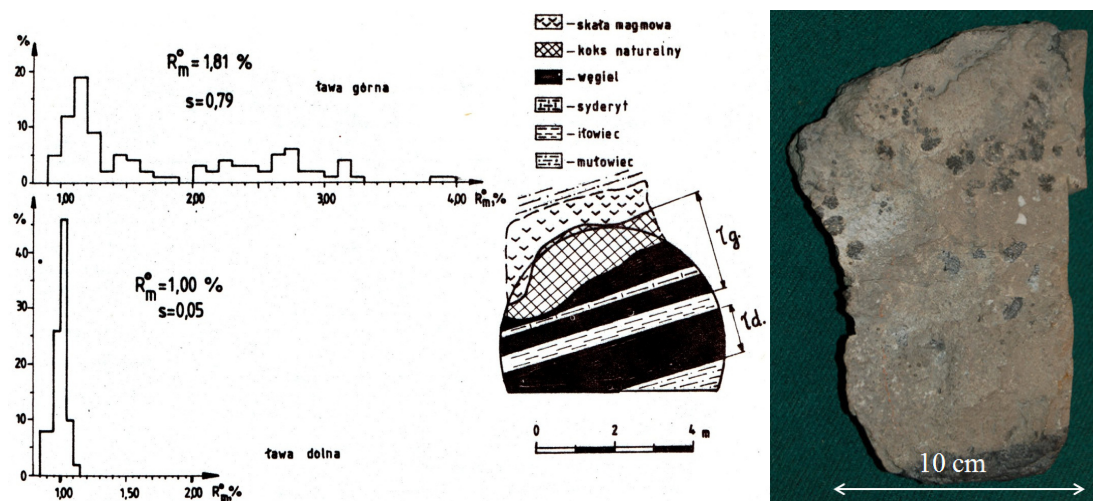
i regionalnego, co spowodowało lokalny wzrost uwęglenia i współwystępowanie w jednym złożu produktów metamorfizmu:

- regionalnego, za które uznano węgle koksowe wysokowitrynitowe o dobrych własnościach koksowniczych,
- produktów metamorfizmu termalnego, antracyty i węgle koksowe wysokoinertynitowe o obniżonych własnościach koksowniczych, a także węgle nietypowe.

Utworzenie się poszczególnych produktów metamorfizmu termalnego było uzależnione od lokalnych warunków termobarycznych, szybkości procesu i odległości od źródła ciepła.

Oprócz anomalii uwęglenia, stwierdzono także zmiany w składzie petrograficznym węgla. Polegają one głównie na przemianach termalnych macerałów, podczas których tworzą się nowe składniki m.in. anizotropowy semifuzynit i niskorefleksyjny fuzynit oraz fluoryzująca substancja bitumiczna – FBS. Termalny fuzynit/semifuzynit powstał w wyniku przyspieszonego procesu uwęglenia, poprzez kolejne fazy ujawnienia pierwotnej struktury witrynitów z równoczesnym wzrostem refleksyjności, w procesie nazwanym fuzynizacją witrynitów. Zatem część macerałów grupy inertynitów nie powstała w torfowisku karbońskim, lecz później w procesach metamorfizmu węgla, a fluoryzująca substancja bitumiczna jest destylatem pochodzącym z termicznego rozkładu witrynitów i egzynitów [18].

Nawiązując do stwierdzenia o braku bezpośrednich dowodów na występowanie w badanym obszarze skał magmowych należy zwrócić uwagę na ich stwierdzenia w dalszym sąsiedztwie, m.in. w polu Zebrzydowice oraz w obszarze zlikwidowanej kopalni „Morcinek” (rys. 17).



Rys. 17. Intruzja w pokładzie 403/4 zlikwidowanej kopalni „Morcinek”. Po prawej makrofotografia skarbonatyzowanej skały intruzywnej – bazaltu (podobna do tzw. białego trapu) z widocznymi ksenolitami substancji organicznej wg [6, 9, 18]

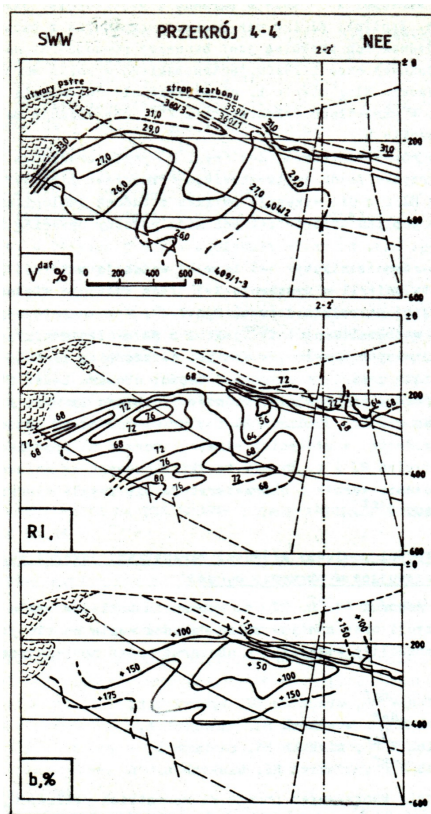
Fig. 17. Intrusion in coal seam 403/4, abandoned „Morcinek” Mine. Right macrophoto of the intrusive basalt like rock [6, 9, 18]

Wygląd zewnętrzny i cechy makroskopowe intruzji magmowej o charakterze bazaltu występującej w obszarze KWK „Morcinek” są bardzo nietypowe. Dopiero badania mikroskopowe tej jasnoszarej, silnie skalcytyzowanej i podobnej do mułowca skały wykazały, że mamy do czynienia z bazaltem. Intruzja została wykazana wskutek zmian, jakie wywołała w pokładzie węgla, m.in. skoksowanie i obecność węgli kulistych. Być może zatem takie skały występowały także i w utworach pstrych KWK Moszczenica, jednakże zostały przeoczone, tym bardziej, że eksploatacja zazwyczaj była prowadzona jedynie do granicy ich pojawiania się w wyrobiskach [18].

Specyficzną cechą węgli badanego rejonu, szczególnie z obszaru monokliny Zofiówki, jest znaczna zmienność ich jakości, zarówno lateralna, jak i wertykalna. Objawia się to obecnością w pokładach stref o zróżnicowanych własnościach koksowniczych i odmiennym składzie petrograficznym. Strefy te zazwyczaj tworzą mozaikę cech i własności, lecz najbardziej intensywne zmiany jakości stwierdzono w pobliżu wychodni pokładów i występujących tam utworów pstrych (rys. 18). Utwory pstre wypełniają rejony dużych deniwelacji (np. w południkowym Rowie Zofiówki nawet ponad 700 m, a więc są zbliżone, a nawet większe aniżeli deniwelacje współczesnego Beskidu Śląskiego) przedtrzciorzędowej powierzchni stropowej utworów karbońskich. Uprawnione zatem wydaje się być ich łączenie z możliwością występowania skał magmowych i wspomnianych uprzednio czynników metamorfizmu termalnego oraz ich związku z wykazanymi zmianami jakości w pokładach [15, 18]

Wydawać by się mogło, że wykazane zmiany jakości węgli koksowych w pobliżu wychodni monokliny Zofiówki będą ulegały stopniowemu zanikowi w miarę oddalania od wychodni i wzrostu głębokości eksploatacji. Przeprowadzone po ponad 20 latach powtórne badania [35] nie potwierdziły tego, nadal występują strefy węgli o zróżnicowanej jakości, a reguła Hilita jest w dalszym ciągu niezbyt wyraźna i nie ułatwia prognozowania jakości węgli z głębokością [14, 15, 21, 26, 27, 29, 30, 31].

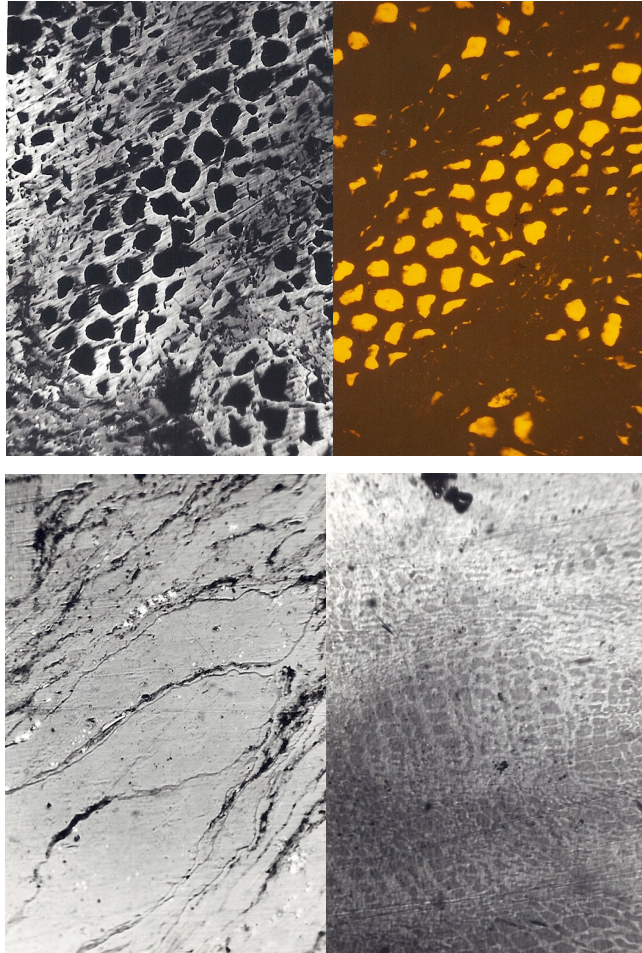
Kolejną osobliwością węgli koksowych rejonu Jastrzębia (Monokliny Zofiówki) jest ich skład petrograficzny, w którym stwierdzono m.in. obecność macerałów grupy wityrynytu, powstałych z tkanki liściowej (phyllowityrynyty) oraz dość duży udział macerałów wityrynitowych o dobrze zachowanej strukturze tkankowej – telokolinyty, telinyty (rys. 19). Występuje także wspomniana już fluoryzująca substancja bitumiczna FBS, co w sumie może w istotny sposób korzystnie wpływać na własności węgli. Stwierdzono także dość wysoki udział mikrynytu [7, 14, 15, 18] a także, co wydaje się także ewenementem, obecność stwierdzanego dotychczas jedynie w antracytach anizotropowego semifuzynyty [14].



Rys. 18. Zmiany zawartości części lotnych, spiekalności i dylatacji w pobliżu wychodni pokładów i stref występowania utworów pstrych w SWW części monokliny Zofiówki [15]

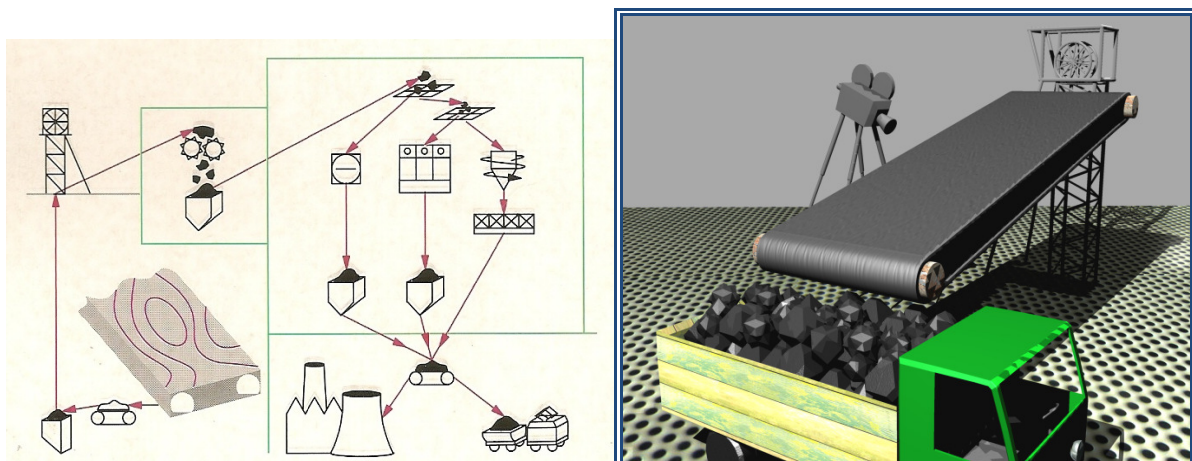
Fig. 18. Changes of volatile matter content, sinterability and dilatation nearby coal seam outcrop and "red beds" barren measures in SWW part of Zofiówka Monocline [15]

W badaniach węgla koksowych rejonu Jastrzębia istotny przełom wystąpił w pierwszych latach XXI wieku, wraz z podjęciem kompleksowych badań zmian jakości węgla w procesach produkcyjnych. Monitoring jakości węgla od jego występowania w złożu, poprzez procesy eksploatacji i przeróbki węgla aż do węgla jako produktu handlowego, którego cechy są często ściśle określone przez odbiorcę, umożliwił rozpoznanie dystrybucji składników petrograficznych węgla w tych procesach, a także ocenę skuteczność całego procesu. Dotyczy to zarówno procesu eksploatacji (m.in. jego czystości, kolejności eksploatacji poszczególnych przodków), jak i procesu przeróbki w węzłach (rys. 20).



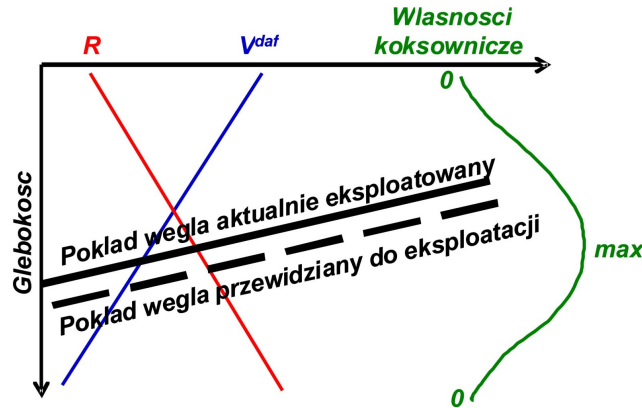
Rys. 19. Mikrofotografie węgla Monokliny Zofiówki. Fluoryzująca substancja bitumiczna w grubościennym fuzynicie (u góry). Phyllovitrynit (lewa dół) oraz telinit o dobrze zachowanej strukturze komórkowej (prawa, dół) [8, 15]

Fig. 19. Microphotography of coal from Zofiówka Monocline. Fluorescing bituminous substance in thick cell-walled fusinite (at the top). Phyllovitrinite -vitrinite from mesophyll (left, down) and telinite with good visible cellular structure (right, down) [8, 15]



Rys. 20. Schematy ideowe monitoringu jakości węgla złoża – proces produkcyjny – odbiorca [19, 20].
Fig. 20. Schemes of monitoring of coal quality: deposit – production process – receiver [19, 20]

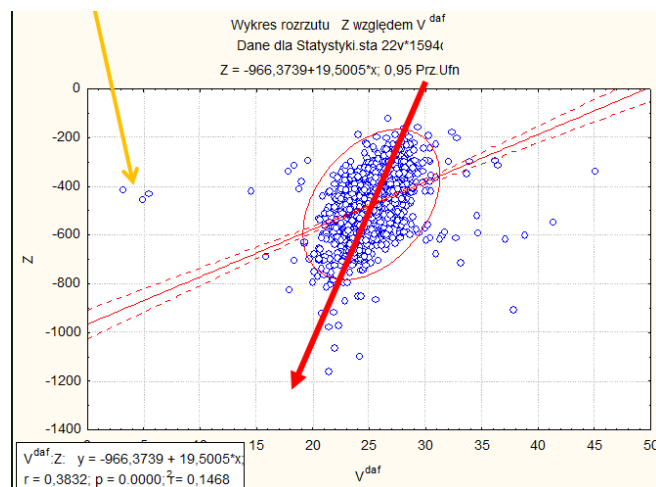
do tej zależności zmiany wykazuje zdolność odbicia światła wityritu. Własności koksownicze, o czym wspomniano, pojawiają się na ściśle określonym stadium uwęglenia osiągając swoje maksimum w obrębie węgla koksowych (rys. 9, 10). Zasady, które umożliwiają prognozowanie własności węgla z głębokością przedstawia rys. 22.



Rys. 22. Teoretyczne zmiany zawartości części lotnych (reguła Hilta), zdolności odbicia światła wityritu oraz własności koksowniczych wraz z głębokością w złożu, umożliwiające sporządzanie prognoz jakości węgla

Fig. 22. Theoretical changes of volatile matter content (Hilt's rule), vitrinite reflectance and coking properties depending on depth in deposit, making possible coal quality forecast

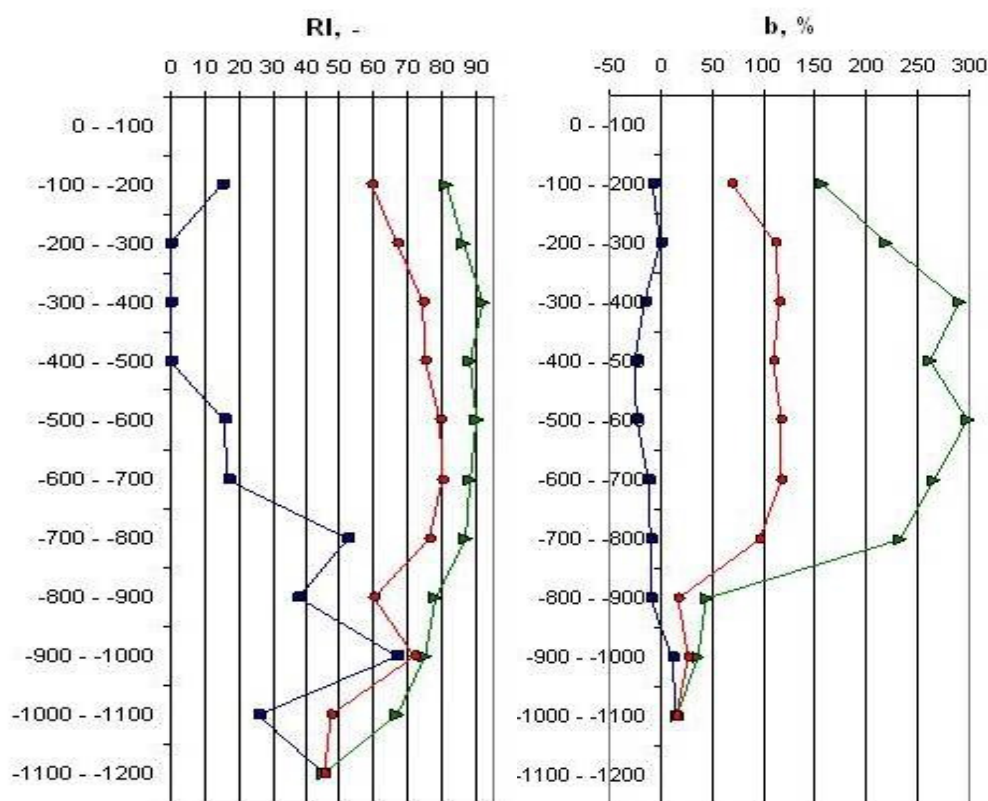
Rzeczywiste prognozy zmian zawartości części lotnych z głębokością przedstawia rys. 23. W przedziale głębokościowym 200-1200 m można odczytać wartości gradientu uwęglenia węgla znajdujących się w tzw. głównym cyklu uwęglenia. Wartości rozproszone zlokalizowane poza głównym trendem nie są wartościami przypadkowymi, lecz dotyczą prawdopodobnie węgla termalnie zmienionych (rezultat oddziaływania metamorfizmu termalnego).



Rys. 23. Prognoza zmian zawartości części lotnych z głębokością [30]

Fig. 23. Forecast of changes of volatile matter content with depth [30]

Prognozy zmian spiekalności oraz dylatacji wraz z głębokością w złożu Monokliny Zofiówki wykazują zmiany zgodne z teoretycznymi, tzn. po wzroście ich wartości obserwowany jest w dalszej kolejności spadek ich wartości. Oznacza to, że w przedziale głębokościowym od -600 do -800 m spiekalność i dylatacja osiągają swoje najwyższe wartości. W dalszej kolejności wraz z wzrostem głębokości obserwowany będzie spadek ich wartości w złożu (rys. 24). W literaturze przedmiotu m.in. [2, 3, 33, 34] brakuje bliższych i wiarygodnych informacji dotyczących zmian z głębokością innych parametrów jakości węgla.



Rys. 24. Zmiany spiekalności RI oraz dylatacji b wraz z głębokością występowania węgla w złożu Monokliny Zofiówki. Przedstawiono przebieg wartości minimalnych, średnich i maksymalnych. Przebieg zmian wartości minimalnych odbiega od pozostałych, bowiem najczęściej obejmuje węgle termalnie zmienione [29, 30]

Fig. 24. Changes of sinterability RI and dilatation b of coal with the depth in Zofiówka Monocline deposit. Course of minimum, medium and maximal values are showed. Changes of minimum values are drifting away from the others, because they are including mostly thermally altered coals

5. Wnioski

Wnioski z przeprowadzonego wywodu są w zasadzie bardzo proste i lapidarne. Wykazano konieczność coraz lepszego określania jakości wydobywanego węgla i to zarówno w złożu, jak i w procesach produkcyjnych, a także produktu handlowego.

Coraz lepsze oznaczanie jakości węgla oznacza m.in.:

- wprowadzenie obok już stosowanych badań jakości węgla także badań petrograficznych węgla,
- stosowanie oznaczeń jakości węgla zgodnych ze standardami międzynarodowymi, a więc konieczne jest oznaczanie także zdolności odbicia światła witynytu,
- cyfryzacja danych o jakości węgla występującego w eksploatowanym złożu,
- opracowanie wiarygodnych prognoz zmian jakości węgla w złożu,
- uwzględnienie wymagań związanych z ochroną środowiska w sporządzanych ocenach jakości węgla,
- lepsze dostosowanie jakości produkowanego węgla do potrzeb odbiorcy finalnego, co w dobie raczej nadmiaru oferowanych dóbr, czyli tzw. rynku konsumenta jest koniecznością.

Niespełnienie tych wydawałoby się możliwych do spełnienia postulatów będzie powodować dalszy wzrost importu węgla o jakości określonej i wymaganej przez odbiorcę. Staniemy zatem przed alternatywą albo

właściwe rozpoznanie jakości albo dalszy wzrost importu węgla!

BIBLIOGRAFIA

1. Diessel C. F. K.: Coal – Bearing Depositional Systems. Springer – Verlag 1992.
2. Gabzdyl W.: Petrografia węgla. Skrypt nr 1337, Politechnika Śląska, Gliwice 1987.
3. Gabzdyl W.: Geologia złóż węgla. Złóża świata. Polska Agencja Ekologiczna, Warszawa 1994.
4. Gabzdyl W., Hanak B., Probierz K.: Próba określenia reaktywności inertynitu metodami optycznymi. Prace Komisji Naukowych PAN, nr 16, Katowice 1992, s. 107-108.
5. Gabzdyl W., Hanak B., Probierz K.: Zmienność jakości węgla kamiennego w pokładach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. VIII Konferencja z cyklu: „Zagadnienia surowców energetycznych w gospodarce krajowej” pt. „Wpływ jakości węgla na jego racjonalne użytkowanie i ochronę środowiska”, Kraków 1994.
6. Gabzdyl W., Pozzi M., Probierz K.: Aspects of volcanism in the western part of Upper Silesian Coal Basin (Poland) and its influence on coal. XI Int. Meet. Coal Petrology, Prague 1992, September 24-25, Institute of Geotechnics Czechoslovak Acad. of Sciences, Acta Montana, seria B, No. 2 (86), Praha 1992, p. 24-34.

7. Gabzdyl W., Probierz K.: Pozycja węgla z południowej części Rybnickiego Okręgu Węglowego (typy 34–42) w klasyfikacji genetyczno – przemysłowej. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z.149, Gliwice 1986, s. 487-499.
8. Gabzdyl W., Probierz K.: The occurrence of anthracites in an area characterized by lower rank coals in the Upper Silesian Coal Basin of Poland. *International Journal of Coal Geology*, 7, Elsevier Science Publishers, Amsterdam 1987, p. 209-225.
9. Gabzdyl W., Probierz K.: Practical aspect of rank studies in Jastrzębie fold area. *Sbornik X-Uhelne-petrologické konference CS petrografa uhli*, Ostrava 1990, p. 17-29.
10. Gabzdyl W., Probierz K., Marcisz M., Wasilczyk A.: Występowanie i rozmieszczenie typów technologicznych węgla, określone na kolejnych etapach rozpoznawania złóż, na przykładzie KWK „Szczygłowice” i KWK „Pniówek” w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej s. Górnictwo*, nr 257, Gliwice 2003, s. 193-206.
11. Hanak B.: Charakterystyka petrograficzna węgla koksowych z kopalni „Moszczenica” dla określenia ich wzbogacalności. *Prace Geologiczne nr 127*, Warszawa 1983.
12. *International Classification Of Seam Coals, Final Version*. Economic Commission For Europe, Committee On Energy, Working Party On Coal, Fifth session, 1995.
13. *International Codification System For Medium And High Rank Coals*. Economic Commission For Europe, Committee On Energy, 1998, 2001.
14. Komorek J., Lewandowska M., Probierz K.: Peculiarities of Petrographic Composition of Coking Coals in Southwest Part of Upper Silesian Coal Basin (Poland) as a Results of Thermal Metamorphism Influence. *Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Quarterly*, Vol. 55, No. 4, Kraków 2010, p. 783-798.
15. Probierz K.: Zmienność jakości węgla w złożach kopalń „Borynia”, „Manifest Lipcowy” i „XXX-lecia PRL” na tle budowy petrograficznej pokładów. *Rozprawa doktorska*. Politechnika Śląska, Gliwice 1982.
16. Probierz K.: Wysokozmetamorfizowane węgle z kopalni Moszczenica Górnośląskie Zagłębie Węglowe. *Geology of Coal-bearing formations of Poland, 7-th Symposium 1984*, Abstr. Acad. of Min. and Metall., Kraków 1984, s. 78-82.
17. Probierz K.: Zdolność odbicia światła i mikrotwardość jako wskaźniki klasyfikacyjne wysokozmetamorfizowanych węgla z kopalni „Moszczenica” (ROW). *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej s. Górnictwo*, nr 132, Gliwice 1985, s. 43-53.
18. Probierz K.: Wpływ metamorfizmu termalnego na stopień uwęglenia i skład petrograficzny pokładów węgla w obszarze Jastrzębia (GZW). *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo*, nr 176, Gliwice 1989.
19. Probierz K. (red.) et al.: *Monitoring jakości węgla kamiennego od złoża poprzez procesy eksploatacji i przeróbki do produktu handlowego*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2003.
20. Probierz K. (red.) et al.: *Monitoring petrologiczny jakości węgla kamiennego (pokłady węgla – procesy przeróbcze – produkt handlowy)*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
21. Probierz K., Komorek J., Lewandowska M.: Charakterystyka zmian składu petrograficznego węgla z KWK Zofiówka. *Kwartalnik Górnictwo i Geologia*. t. 1, z. 3, Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006, s. 67-79.
22. Probierz K., Kubik A.: Własności węgla warstw porębskich obszaru KWK „Moszczenica” w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. *XV Symposium Geology of Coal - bearing strata of Poland, Abstr. Acad. of Min. and Metall.* Kraków 1992, p. 70-74.

23. Probierz K., Kubik A.: Zróżnicowanie chemiczno-petrograficzne węgli pokładów warstw porębskich w obszarach graniczących z zaburzeniem orłowsko - boguszowickim (GZW). Materiały XVII Sympozjum „Geologia formacji węglonośnych Polski”. Wydawnictwo Akademii Górniczo-Hutniczej, Kraków 1994, s. 118-121.
24. Probierz K., Marcisz M.: Zastosowanie kombinacji programów AutoCAD i Surfer do konstrukcji map jakości węgla. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 246, Gliwice 2000, s. 439-450.
25. Probierz K., Marcisz M.: Szacowanie jakości węgla w złożu według Polskiej Normy i Międzynarodowego Systemu Kodyfikacji Węgla z użyciem programów Surfer i AutoCAD. Przegląd Górniczy, nr 3-4, 2009, s. 19-24.
26. Probierz K., Marcisz M.: Changes of coking properties with depth of deposition in coal seams of Zofiówka monocline (SW part of Upper Silesian Coal basin, Poland). Mineral Resources Management, Quarterly, Vol. 26, Issue 4, Kraków 2010, p.71-87.
27. Probierz K., Marcisz M.: Zmiany własności koksowniczych z głębokością w pokładach węgla koksowego monokliny Zofiówki. Polski Kongres Górniczy 2010, t. 1, Górnictwo podziemne, sesja 1 Geologia górnicza, Politechnika Śląska, Gliwice 9-10 września 2010, s. 55-66.
28. Probierz K., Marcisz M.: Estimation of the Hard Coal Quality in a Deposit in View of National and International Standards. Archives of Mining Sciences, Polish Academy of Sciences, Quarterly, Vol. 55, No. 4, Kraków 2010, s. 847-863.
29. Probierz K., Marcisz M.: Ewolucja szacowania zmian refleksyjności i składu petrograficznego węgla w złożu Pniówek w latach 1980-2010. Przegląd Górniczy, nr 12, Katowice 2010, s. 107-112.
30. Probierz K., Marcisz M., Sobolewski A.: Znaczenie badań geologicznych w rozpoznaniu bazy zasobowej węgla koksowych Górnośląskiego Zagłębia Węglowego dla potrzeb projektu „Inteligentna koksownia spełniająca wymagania najlepszej dostępnej techniki”. Karbo, 3/2011, Zabrze 2011, s. 123-135.
31. Probierz K., Wasilczyk A.: Jakość węgla koksowego w pokładzie 401/1 KWK „Pniówek” (SW część GZW). Mat. XXVII Sympozjum „Geol. form. węglonośnych Polski”, 21-22 kwietnia 2004, Wyd. AGH, Kraków 2004, s. 171-176.
32. Probierz K., Zajac A.: Zawartość alkaliów w węglu koksowym pokładu 361 KWK „Pniówek” (SW część GZW). Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej s. Górnictwo, nr 254, Gliwice 2002, s. 157-167.
33. Stach's Textbook of Coal Petrology. Gebr. Borntraeger Berlin–Stuttgart 1982.
34. Taylor G.H. et al.: Organic Petrology. Gebr. Borntraeger Berlin–Stuttgart 1998.
35. Wasilczyk A.: Jakość węgla koksowego w złożu oraz jej zmiany w procesie produkcyjnym KWK Pniówek. Rozprawa doktorska. Archiwum Instytutu Geologii Stosowanej Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004.

Abstract

Main thesis and threads of the speech of the Conference Sustainable Mining (November 2011) organized by Faculty of Mining and Geology of Silesian University of Technology in Gliwice, were presented in this article. Meaning of a coal petrology and a range of its researches were described. Correlation meaning of a coal petrology and a role of coal in economy in the past and now were showed. In 2010, according to World Coal Association hard and brown coal mining amounted 7 229 Mt in the world and 76, 145 Mio. tones of hard coal and 56, 510 Mio. tones of brown coal in Poland (according to State Mining Authority).

The short history of the coal petrology was presented. That science were come into being at the end of XIX century. The originators of the coal petrology and the output of polish

scientists worked in Jastrzębie area, were presented. The current knowledge state of coal as a fuel (kaustobiolit) which is classified as organic rocks was presented. Properties of coal, geological conditions of coal forming as a coalification rank: peat - brown coal – hard coal – anthracite – graphite were also presented. The course of coalification (in which the C^{daf} content increase), stages of this process (biochemical and geochemical) and the factors (temperature, pressure, time) which are a cause of transformation of peat into coal seams in different coal basins, were also characterized.

In the next, the range of coal researches application to present methods of coal quality assessment was presented. It was made in accordance with: the International System of Coal Codification ECE – Genewa, Coal Classification in Seams ECE, Polish Standards which contains types of coal, application of petrological studies (i.e. determination of macerals groups) and also reflectance measurement of vitrinite. The special attention was turn on dependence on some coal properties (which are important to coking for example: volatile matter content, sinterability-coking power after Roga RI, swelling index SI), from petrographical composition.

At the end of speech the properties and geological conditions of coal existence in south-west part of Upper Silesian Coal Basin (especially coking coal from Jastrzębie area) were characterized. Both, the conditions of Jastrzębie coals existence and their properties are characterized by some types of peculiarity, which are a sign of their independence relative to other regions of coking coal existence. Weaker coking properties, which are connected with the bigger inertinite concentration in their petrological composition, are the main difference. In the Jastrzębie area the favourable anomalies of coalification has been found. It was observed in Coal Seams 504/2 and 505/1 (Namurian B) among coking coals, anthracites and semianthracites. In the other favourable anomaly, natural coke was found in Coal Seam 403/4 (Namurian C) as a result of basalt intrusion contact. Beside coalification anomalies the changes of petrological composition were observed. They are mainly connected with thermal transformation of macerals during formation some new components: anisotropic semifusinite, low-reflectance fusinite and fluorescing bituminous substance (FBS). The thermal altered fusinite/semifusinite was formed by quickly coalification. Through the following stages of disclosure of original cellular structure of vitrinite. It was made with simultaneous increase of reflectance these macerals in a process so-called “fusinitisation of vitrinite”. Then, some macerals were not formed in carboniferous peat but later in coalification process. So the fluorescing bituminous substance is a distillate formed during the thermal decomposition of cell filling of vitrinite and exinite. Specific properties of coal from study area, especially from Zofiówka Monocline, is also considerable lateral and vertical changeability of their quantity. It is shown in various parts of seams zones characterized by different coking properties and petrological composition.

The important breakthrough of coking coal researches from Jastrzębie area, took place in the first years of XXI century. It was done along with taking the complex researches of changes of coal quality in the production processes.

Monitoring of coal quality which has beginning in the deposit and then is connected with exploitation and coal processing till coal as a commercial product. These characteristics of monitoring are often determined by some receivers. The monitoring allows recognitions of petrographical components distribution in these processes and also lets to appraise effectiveness of whole process. In recent years the digitization of data of quantity and size resource base of coal from Jastrzębie area, were used in a forecast of changeability of coal quality in deposit.

In final conclusion the special attention was turn on appearing alternative of using petrological researches of coal, especially coking coals in Poland; or correct quality recognition and determination ... or further increase of coal import!