



# Ekonomiczne spojrzenie na wykorzystanie CCP w materiałach budowlanych

## Economic view of possibilities of CCPs utilization in building products

*Hana ŠIMÁČKOVÁ<sup>1)</sup>, Martin NEJEDLÍK<sup>1)</sup>, Martin VYVÁŽIL<sup>1)</sup>, Jaroslava JANČOVÁ<sup>1)</sup>, Jaroslava LEDEREROVÁ<sup>1)</sup>, Miroslav SVOBODA<sup>1)</sup>, Vladimír ČABLÍK<sup>2)</sup>*

<sup>1)</sup> Research Institute of Building Materials, JSC., Hněvkovského 65, 617 00 Brno, Czech Republic, vustah@vustah.cz

<sup>2)</sup> VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Mining and Geology, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic

### Streszczenie

*Aby zastąpić nieodnawialne źródła naturalne poszukiwane są stale nowe możliwości wykorzystania CCP (Coal Combustion Products – produktów spalania węgla). Instytut Badania Materiałów Budowlanych interesował się tym problemem od dłuższego czasu i zajmował się kilkoma projektami związanymi z wykorzystaniem CCP. Jednym z nich jest Centrum Badań Zintegrowanego Rozwoju Systemu pracujące w zakresie wykorzystania produktów ubocznych po wydobyciu i przetworzeniu surowców energetycznych. W nawiązaniu do ekologicznych i technologicznych pytań, ten projekt opisuje także ekonomiczne oceny nowopowstałych produktów budowlanych opartych na CCP. Ekonomiczny punkt widzenia jest często przeszkodą w pomyślnym wejściu na rynek. Artykuł skupia się głównie na ekonomicznej utylizacji popiołów lotnych w produkcji sztucznych kruszyw i mieszanki suchych zapraw.*

*Słowa kluczowe: produkty spalania węgla, ekonomika, produkty budowlane*

### Badania marketingowe

Weryfikacja możliwego wykorzystania odpadów przemysłowych, między innymi dla celów przemysłu budowlanego, była przeprowadzona przez długi czas w Instytucie Badania Materiałów Budowlanych. Wiele projektów poświęcono temu zagadnieniu, a jednym z nich jest Centrum Badań Zintegrowanego Rozwoju Systemu badające wykorzystanie produktów ubocznych po wydobyciu i przetworzeniu surowców energetycznych. Ośrodek ten skupia się między innymi na użyciu CCP w materiałach budowlanych z technologicznego, ekologicznego, a także ekonomicznego i prawnego punktu widzenia.

Badanie opinii publicznej związane z materiałami budowlanymi opartymi na CCP było jednym z pierwszych kroków projektu. 30% respondentów niechętnie używałoby materiałów zawierające CCP do jakichkolwiek konstrukcji. Inne rezultaty uzyskano po bardziej szczegółowym opisie wykorzystania materiałów budowlanych opartych na CCP. Po wyjaśnieniu tylko 2,5% powiedziało „nie” (rysunek 1). Kluczowym warunkiem było zapewnienie, że omawiane materiały są bezpieczne dla zdrowia.

### Summary

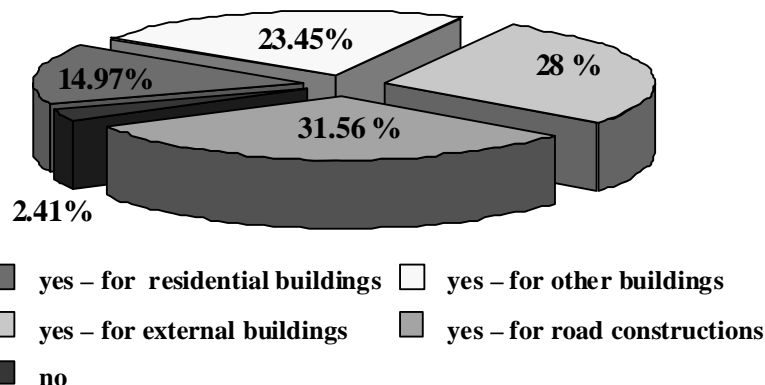
*There is a steadily growing trend of looking for new possibilities of CCPs utilization with the aim to substitute non-renewable natural resources. The Research Institute of Building Materials has been interested in these problems for a long time and it has been solving many projects in this field. One of them is Research centre for integrated system development concerning utilization of by-products of energy resource mining and processing. In addition to ecological and technological questions, this project also describes economic assessment of newly designed building products made from CCPs. Economic point of view is often a barrier for successful entry into a market. This paper mainly focuses on economic utilization of fly ashes in production of artificial aggregates and dry mortar mixes.*

*Keywords: coal combustion produkt, economics, building products*

### Marketing research

The verification of possible utilization of industrial waste for building industry purposes and other applications has been carried out for a long time in Research Institute of Building Materials. Many projects solve these questions, one of them is Research centre for integrated system development concerning utilization of by-products of energy resource mining and processing, which focuses among other things on CCPs utilization in building materials from technological, ecological and also economic and legislative point of view.

A public opinion research related to building materials based on CCPs was one of the initial steps in this project. 30% of respondents showed unwillingness to using of building materials containing CCPs for any building construction. Different results came out further specification of using of building materials based on CCPs. Only 2.5% said ‘no’ in this case (see Figure 1). The determinant condition was a declaration of health guarantee of designed materials.



Rys. 1  
Zainteresowania materiałami budowlanymi  
z zawartością CCP do budowy własnego domu

Fig. 1  
Interest in building materials with CCPs  
for own house

Wszystkie kategorie respondentów zgodziły się, że materiały zawierające CCP nadają się głównie do użycia zewnętrznego i przy konstrukcji dróg (prawie 60%). Najwięcej badanych (ponad 20%) żądało zmniejszenia ceny materiałów budowlanych zawierających CCP o przynajmniej 30%.

Po badaniach marketingowych zanalizowano możliwości użycia CCP w konkretnych zastosowaniach (produkcja sztucznych kruszyw i mieszanek suchych zapraw).

### Linia produkująca sztuczne kruszywa

W Republice Czeskiej produkuje się lekkie sztuczne kruszywa nazywane "Liapor". Kruszywa te wytwarzane są poprzez wykorzystanie naturalnej gliny i używane w betonie. Produkowano także sztuczne kruszywa używane w betonie nazywane „Agloporit” (uzyskiwane przez spiekanie popiołów lotnych), ale produkcję, z uwagi na wysoki koszt, wstrzymano. Dlatego starano się zweryfikować możliwość produkcji lekkich sztucznych kruszyw do użycia w betonie. Wybrano zimny sposób produkcji z uwagi na niższe zapotrzebowanie energetyczne. Kruszywa muszą spełniać wymagania normy ČSN EN 13055-1 Kruszywa lekkie – Część 1: Kruszywa lekkie do betonu, zaprawy i zarobu.

Technologia produkcji kruszyw oparta jest na mieszanii CCP, spoiwa, wody i, jeżeli potrzeba, innych suchych domieszek. Najważniejszym składnikiem wpływającym na koszt surowców są spoiwa, które mogą powodować kilkukrotny wzrost kosztów. Należy zdać sobie sprawę, że każdy dodatkowy składnik oznacza dodatkowe koszty operacyjne (transport, praca itd.) i wydatki inwestycyjne (dodatkowe pojemniki na przechowanie, transportery itp.).

Poziom kosztów surowców oraz osiągnięcie wytrzymałości na ściskanie zostały porównane w 30 zaprojektowanych recepturach. Wysokość kosztów

All the categories of respondents uniformly agreed on the fact, that materials containing CCPs are suitable mainly for external and road constructions (almost 60%). The most respondents (more than 20%) required reduction in price for building materials with CCPs at least 30%.

After marketing research, the possibility of CCPs utilization for specific applications (production of artificial aggregates and dry mixes) was examined.

### Production line for artificial aggregates

There is a production of lightweight artificial aggregates called 'Liapor' in the Czech Republic. These aggregates are produced by expanding of natural clay and are used in concrete. Artificial aggregates for the use in concrete called 'Agloporit' (gained by fly ash sintering) used to be produced as well, but the production was stopped due to high cost. Therefore, we tried to verify a possibility of lightweight artificial aggregates production for use in concrete. We chose the cold way production with regard to lower energetic demands. These aggregates have to meet the requirements of ČSN EN 13055-1 Lightweight aggregates – Part 1: Lightweight aggregates for concrete, mortar and grout.

Production technology for these aggregates is based on mixing of CCPs, binder, water and other dry admixture if needed. The most important component influencing the raw material costs are binders, which can increase these costs several times. It is necessary to realize, that every additional component means higher operating costs (transport, labour etc.) and capital expenditure (additional storage bins, transporters, etc.).

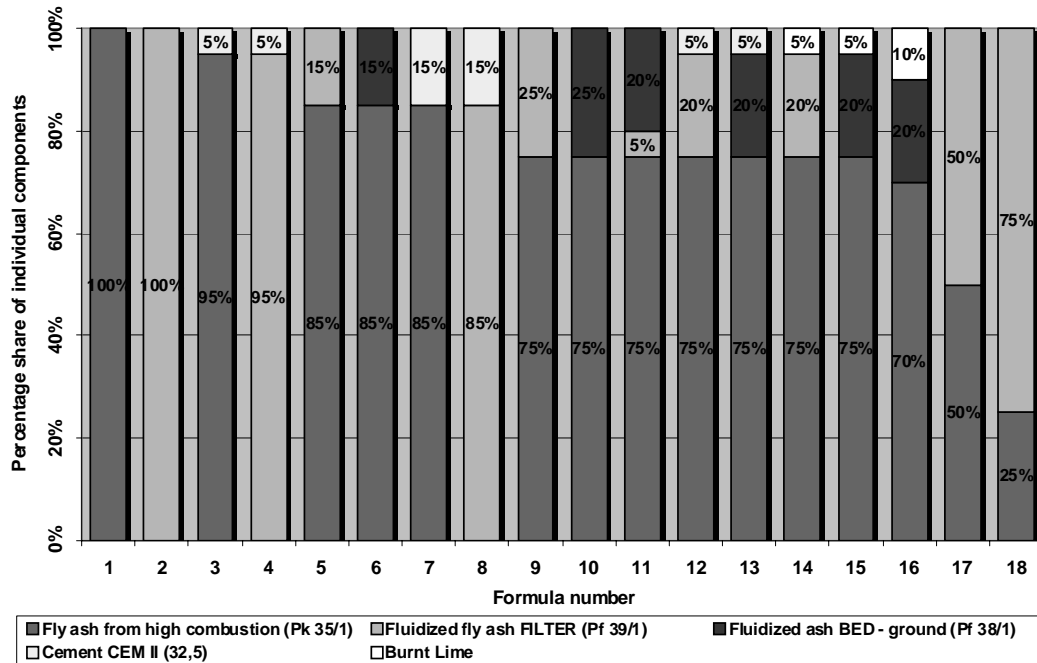
The level of raw material costs and reached compressive strengths were compared at 30 designed formulas within a project solution. The costs of com-

zwykle używanych surowców budowlanych zależy od cen rynkowych. Koszty poszczególnych typów CCP są średnimi cenami podawanymi przez producentów. Dla porównania na rysunku 2 pokazano wybrane kompozycje składników.

Rysunek 3 porównuje koszty surowców użytych do produkcji 1 tony mieszanki z wytrzymałością na ściskanie zbadaną po 28 dniach dojrzewania. Zdefi-

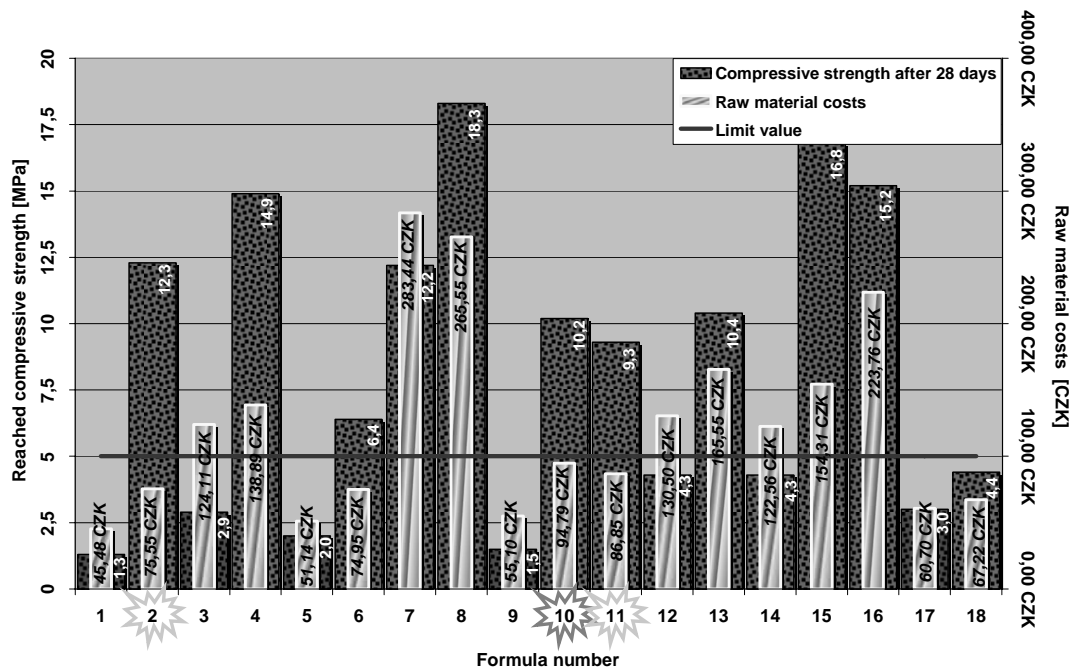
monly used building raw materials come from market prices. The costs of individual CCPs types are average prices declared by producers. For comparison, Figure 2 shows the selected compositions of components.

Figure 3 compares the raw material costs for production of 1 ton of mixture with compressive strengths after 28 days of maturing. Defined limit



Rys. 2  
Wybrane kompozycje składników

Fig. 2  
Selected compositions of components



Rys. 3  
Koszt surowców w porównaniu z osiągniętą wytrzymałością na ściskanie

Fig. 3  
Raw material costs in relation to reached compressive strengths

niowane wartości graniczne są ważnym parametrem (pozioma linia na rysunku 3) dla minimalnej osiągniętej wytrzymałości na ściskanie (5 MPa) i maksymalnego kosztu surowca do produkcji 1 tony materiału (100 CZK). Wszystkie formuły z cementem i wapnem osiągnęły określoną granicę finansową.

Wykresy pokazują, że receptury 2, 10 i 11 są najodpowiedniejsze z ekonomicznego punktu widzenia. Jednoskładnikowa receptura 2 uznana została za ryzykowną z technologicznego punktu widzenia, a 3 składnikowa receptura 11 jest kosztowna i wymaga dodatkowych nakładów na transport. Dlatego receptura 10 zawierająca 75% popiołów lotnych ze spalania w wysokiej temperaturze i 25% zmielonych popiołów wydaje się optymalna.

Tylko jedna z dwunastu sprawdzonych formuł spełniła wymagania, a w trzech nastąpiło dramatyczne obniżenie odporności na ściska nie przy praktycznie tych samych kosztach. Formuła 10 została użyta do zaprojektowania maszyn i dalszych kalkulacji ekonomicznej.

Zużycie surowców, technologii i kosztów w dwu wybranych formułach została sprawdzona w następujących okresach. Dla oceny ekonomicznej zwrot inwestycji został określony na 5 lat. Zostały obliczone stałe i zmienne koszty do stworzenia linii produkcyjnej do produkcji lekkich kruszyw (frakcja 4–8 mm i 8–16 mm). Tabela 1. pokazuje skład wybranych formuł i parametry linii, rozważano także produkcję na małą skalę tzn. 2000 t/rok (10 t/dzień przez 200 dni roboczych).

Linie zaprojektowano w dwóch wersjach:

- Wersja 1 zgodna z formułą I – technologia tej formuły wymaga mielenia popiołów, co oznacza wyższe nakłady finansowe. Oczekuje się

values are important parameters (red line in Figure 3) for minimal reached compressive strength (5 MPa) and maximal raw material costs for 1 ton of mixture (100 CZK). All formulas with cement and lime exceeded defined financial limit.

The figures show, that formulas 2, 10 and 11 are the most suitable from economic point of view. One-component formula 2 is considered to be a risk in technological aspect and a three-component formula 11 is cost and transport demanding. Therefore, the formula 10 consisting of 75 % of fly ash from high-temperature combustion and 25 % ground bed ash seems to be optimal.

Only one of the other twelve verified formulas met our requirements, but there was dramatically lower compressive strength with practically the same costs. Formula 10 was further used for machinery designs and subsequent economic calculations.

Consumption of raw materials, technology and costs for two selected formulas were clarified in the following period. For economic evaluation, the investment return was determined at 5 years. Fixed and variable costs for realization of a production line for lightweight aggregates (fraction 4–8 mm and 8–16 mm) were calculated. Table 1 shows the composition of selected formulas and the parameters of the line, whereas small-scale production was considered – that means 2 000 t/year (10 t/day) during 200 working days.

The line was designed in two versions:

- Version 1 in accordance with formula I. Technology for this formula needs grinding of bed ash, which means higher capital expenditure.

Tabela 1  
Parametry początkowe do stworzenia projektu techniczno-ekonomicznego linii produkujące sztuczne kruszywa

Table 1  
Initial parameters for technical-economic design of production line for artificial aggregates

Ilość zmian roboczych Number of work-shifts		1	2	3
Produkcja roczna Year capacity	t	2 000	4 000	6 000
Liczba roboczodni w roku Days of full running in a year		200 days		
Formuła Formula		I.		II.
Popiół lotny Fly ash	%	75		90
Popiół zmielony Milled ash	%	25		-
Cement Cement	%	-		10

oszczędności kosztu surowców z powodu zastąpienia cementu przez popiół.

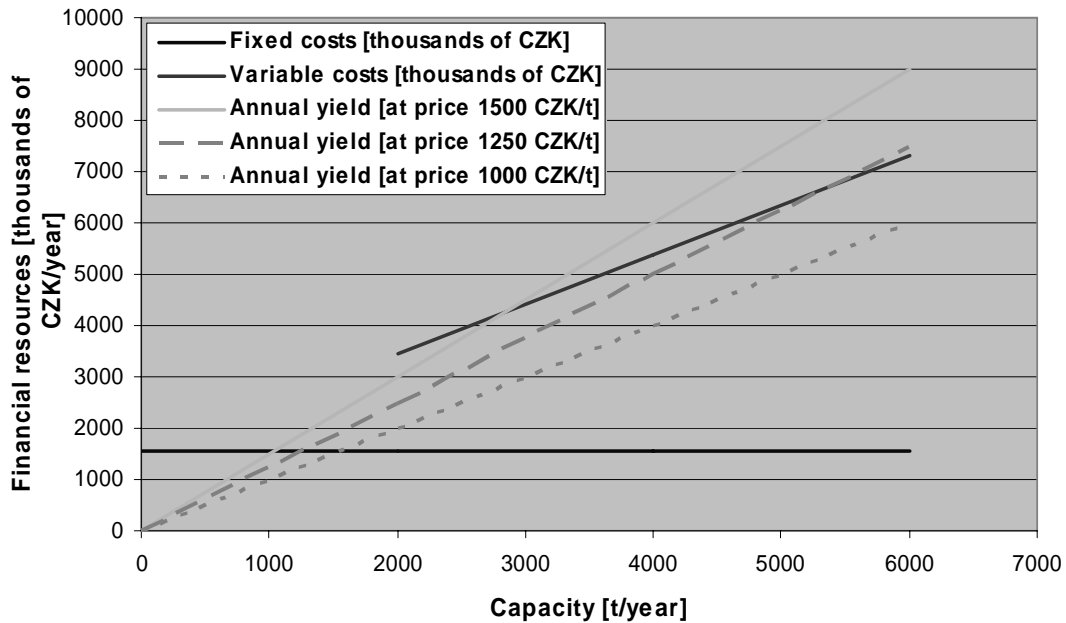
- Wersja 2 zgodna z formułą II. Klasyczna formuła oparta na mieszanii popiołu lotnego ze spalania w wysokiej temperaturze z cementem.

Roczne koszty stałe są o około 600 000 CZK wyższe w formule I (rysunek 4 i 5). Dla porównaniu w przypadku formuły II zmienne koszty są wyższe,

Raw material cost saving is expected because of replacing cement by bed ash.

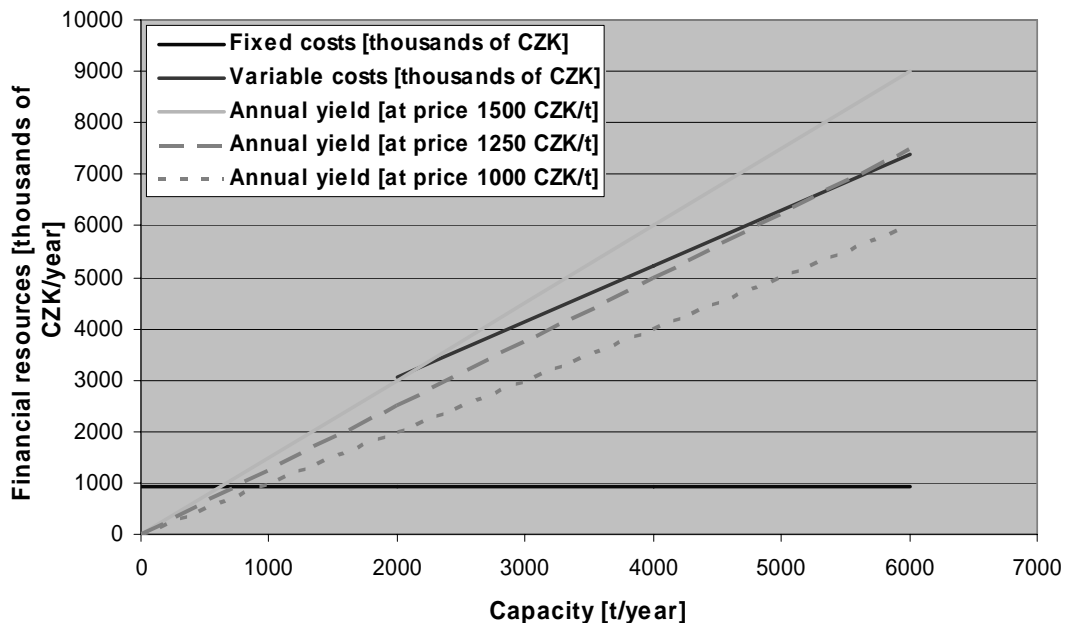
- Version 2 in accordance with formula II. It is a classical formula based on mixing of fly ash from high temperature combustion and cement.

Annual fixed costs are about 600 000 CZK higher at formula I, see Figures 4 and 5. By contrast, in case of formula II, variable costs are higher, their curve is



Rys. 4  
Analiza progu rentowności dla formuły I

Fig. 4  
Break-even analysis for formula I



Rys. 5  
Analiza progu rentowności dla formuły II

Fig. 5  
Break-even analysis for formula II

ich krzywa jest bardziej stroma, a ich poziom w przypadku ciągłego „biegu” (praca trzyzmianowa) zwiększyły nakłady kapitałowe na kupno młyna.

Punkt rentowności, dla różnych cen, pokazano na rysunku 4 i 5. W przypadku najwyższej proponowanej ceny (1500 CZK/t) próg rentowności formuły I jest blisko wydolności 2900 t/rok, w formule II blisko wydolności 2150 t/rok. Jednakże próg rentowności w obu wersjach znajduje się średnio w tym samym miejscu w przypadku niższej ceny (1250 CZK/t), np. blisko wydolności 5400 t/rok. Taka niska cena odpowiednia jest jedynie w przypadku ciągłej produkcji np. o wydajności 6000 t/rok.

### Optimalizacja linii produkcyjnej do produkcji kruszyw sztucznych

Z uwagi na osiągnięte rezultaty niezbędne było zoptymalizowanie zdolności linii produkcyjnej kruszyw sztucznych. Baza na poziomie 10 000 t/rok została wybrana dla pojedynczej zmiany (lub 20 000 t/rok dla dwóch zmian i 30 000 t/rok ciągła produkcja).

Z 30 zaprojektowanych formuł wybrano 10, które z technologicznego punktu widzenia uznano za najodpowiedniejsze (rysunek 6).

W projekcie opracowano dwie wersje formuł. W przypadku pierwszej, producent popiołów lotnych jest także producentem sztucznych kruszyw. Inna wersja oznacza, że producent CCP sprzedaje popioły lotne innym podmiotom (producentom kruszyw). W artykule skoncentrowano się głównie na wersji drugiej.

Rysunek 7 pokazuje porównanie kosztów surowców potrzebnych do produkcji 1 tony mieszaniny

steeper and their level in case of continuous running (3 work-shifts) exceeds capital investments for buying of mill.

Break-even point is shown in Figures 4 and 5 at different price levels as well. In case of the highest proposed price (1 500 CZK/t), the break-even point at formula I is near capacity of 2 900 t/year, at formula II near capacity of 2 150 t/year. However, break-even point at both versions lies approximately at the same place in the case of lower price (1 250 CZK/t), i.e. near capacity of 5 400 t/year. This lower price is suitable only in case of continuous running, i. e. capacity of 6 000 t/year.

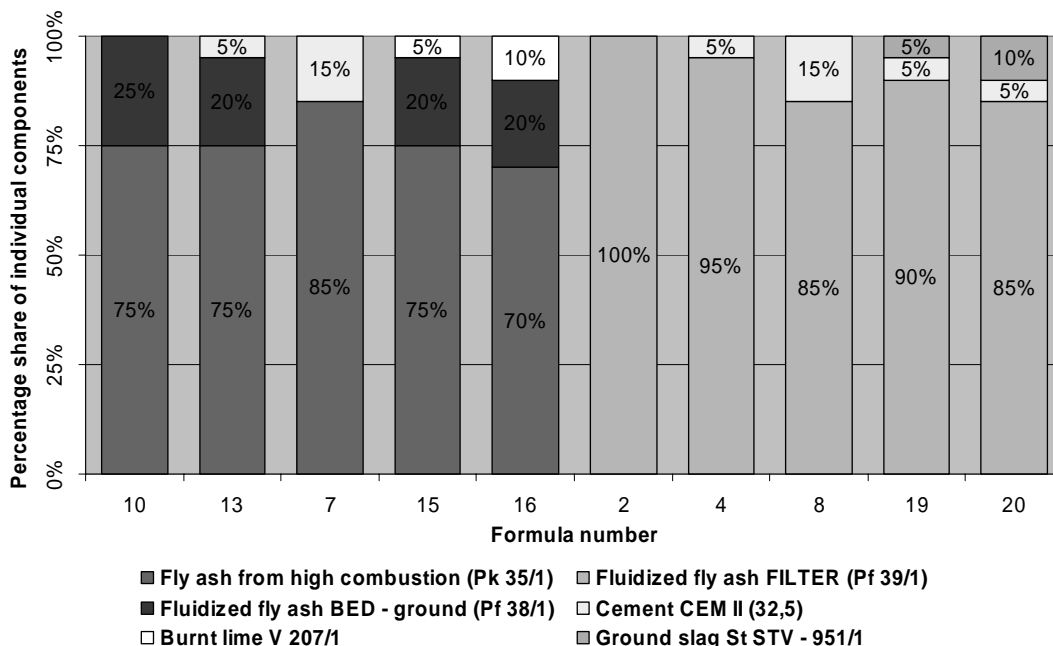
### Optimization of production line for artificial aggregates

It was necessary to optimize the capacity of production line for artificial aggregates with regard to the achieved results. A base at the level of 10 000 t/year was chosen for a single-shift (or 20 000 t/year for two-shift and 30 000 t/year for continuous running).

10 formulas, which are considered the most suitable from a technological point of view (see Figure 6), were chosen from more than 30 formulas.

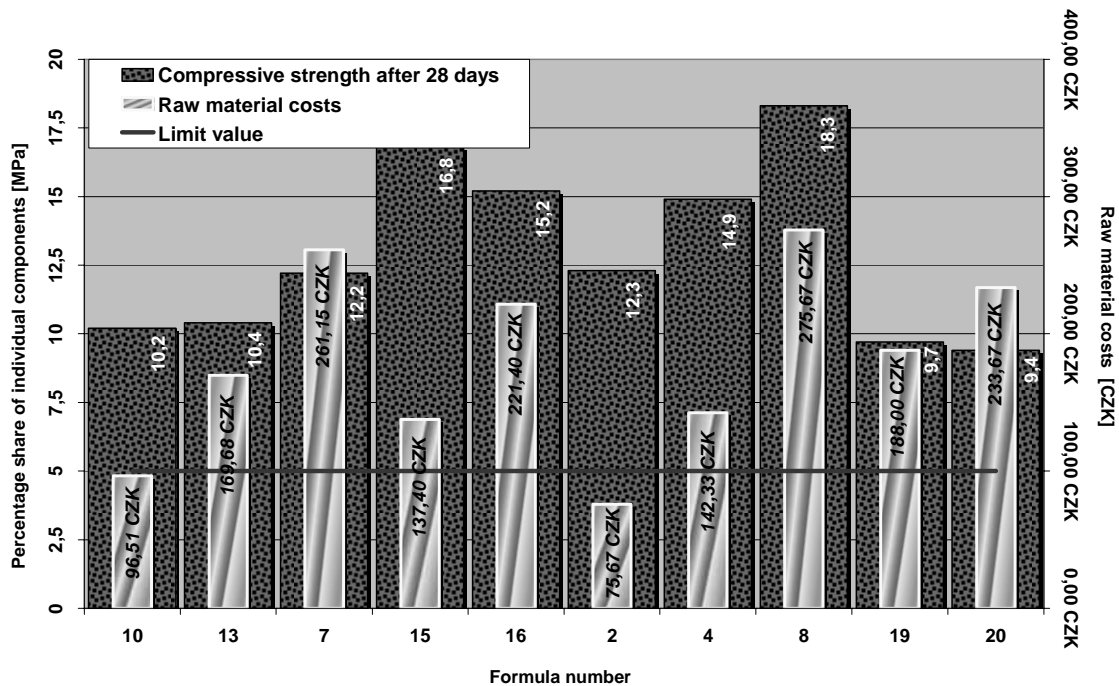
Two versions were solved within the project. In case of the first one, the producer of fly ash is the producer of artificial aggregates as well. The other version means, that the producer of CCPs sells fly ash to another subject (aggregate producer). We concentrate mainly on the version 2 in this paper.

Figure 7 shows a comparison of the raw material costs for production of 1 ton of mixture according to



Rys. 6  
Wybrane kompozycje składników

Fig. 6  
Selected compositions of components



Rys. 7  
Koszty surowców w porównaniu do osiągniętej wytrzymałości na ściskanie

Fig. 7  
Raw material costs in relation to reached compressive strengths

w wersji pierwszej (zgodnie z wybranymi 10 formułami) z wytrzymałością na ściskanie po dojrzewaniu 28 dni. Obserwowane rezultaty porównano z wartościami granicznymi, które jak w poprzednich analizach, były dane dla obydwu. Niezerowa cena popiołów lotnych w wersji 2 oznacza wyższą cenę wkładu surowca i dlatego koszt surowców wzrasta w porównaniu z wersją 1.

Formuła 10 została powtórnie określona jako optymalna na podstawie tej samej analizy, jak w przypadku poprzedniej linii produkcyjnej. Zidentyfikowano stałe i zmienne koszty realizacji linii produkcyjnej kruszyw lekkich dla dwu takich samych formuł użytych wcześniej. Te koszty łącznie z kosztami całkowitymi i wynikami na różnym poziomie cen pokazano na wykresach określających próg rentowności.

Po porównaniu obu zaprojektowanych formuł, można powiedzieć, że ustalone koszty w przypadku formuły I (łącznie z młynem mielącym popiół) są wyższe o prawie 1 mln CZK niż w formule II. Natomiast formuła II prowadzi do prawie 50% wzrostu kosztów zmiennych.

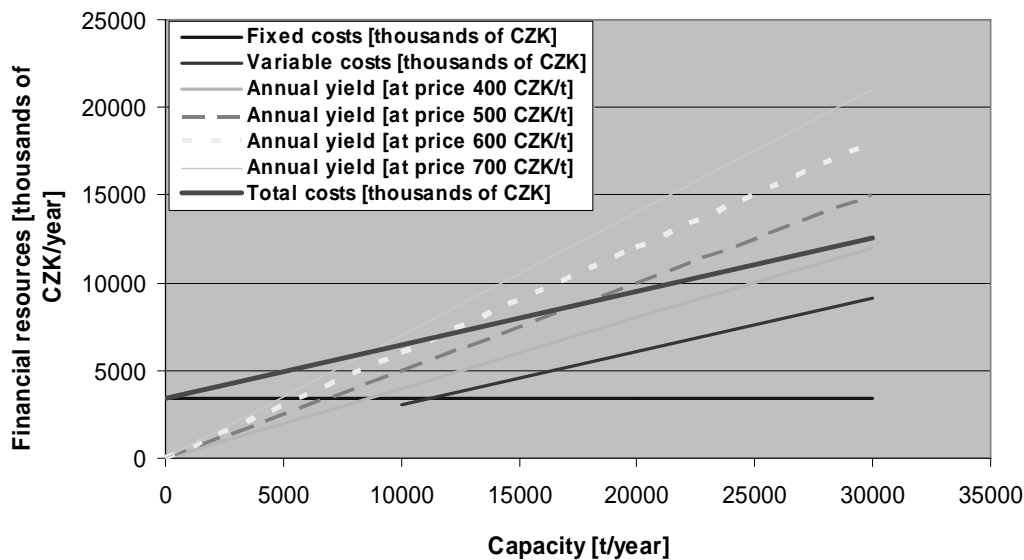
W przypadku ceny 500 CZK/t, produkcja formuły I jest zyskowna przy wydajności 17 600 t/rok. Produkcja formuły II przynosi zysk po osiągnięciu wydajności 43 000 t/rok. Produkcja jednoczesna jest wystarczająca przy cenie 700 CZK/t, kiedy próg rentowności jest na poziomie wydajności 8 700 t/rok (formuła I) i wydajności 9 700 t/rok (formuła II).

10 selected formulas with compressive strengths after 28 days of maturing for the version 2. Observed results are compared with the limit values, which were given for both variables like in the previous analyses. Nonzero price of fly ashes at the version 2 means higher price of input raw material and therefore the raw material costs increase in comparison to version 1.

Formuła 10 was again determined as optimal on the basis of the same analysis as in the previous line. Fixed and variable costs for the realization of the production line for lightweight aggregate for two same formulas used previously were also identified. These costs together with total costs and outputs at different price level are shown in following figures with the view of determination of break-even point.

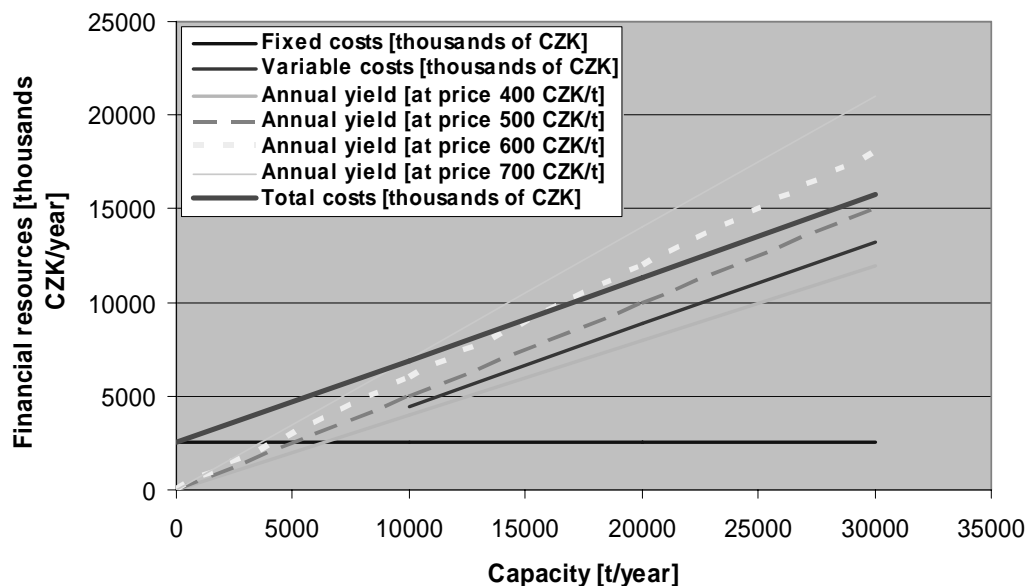
After a comparison of both designed formulas we can say, that fixed costs are in the case of formula I (including grinding mill for bed ash) higher by almost one million CZK than formula II. But the formula II leads to almost 50% increase of variable costs.

In case of price 500 CZK/t, the production at formula I becomes profitable from the capacity of 17 600 t/year. Production at formula II brings profit after as much as exceeding capacity of 43 000 t/year. A single-shift is sufficient for price 700 CZK/t, when the break-even point is near capacity 8 700 t/year (for formula I) and near capacity 9 700 t/year (for formula II).



Rys. 8  
Analiza prognozy rentowności dla formuły I

Fig. 8  
Break-even analysis for formula I



Rys. 9  
Analiza prognozy rentowności dla formuły II

Fig. 9  
Break-even analysis for formula II

### Linia produkcyjna do produkcji mieszanin suchych zapraw

Produkcja suchych zapraw do zapraw murarskich tynkarskich oraz gipsów, innych specjalnych mieszanin i uszczelniających składników jest ważnym obszarem możliwego wykorzystania popiołów lotnych i popiołów mokrych. Jednym z powodów używania CCP w zaprawach jest, poza redukcją spoiw i wypełniaczy, tendencja do poprawy użyteczności finalnego produktu.

W projekcie sprawdzono dwa typy suchej zapra-

### Production line for dry mortar mixes

The production of dry mortar mixes for masonry and plasters, other special mixes and spackling compounds is an important area of possible utilization of fly ashes and fluidized ashes. One of the reasons to utilize CCPs into dry mortar mixes is, besides binder and filler reduction, also tendency to improve utility values of final product.

Two types of dry mortar mixes were tested within the project. It was dry mix for roughcast for



wy. Wymagania spełniły: sucha zaprawa tynkowa do ręcznej aplikacji (norma ČSN EN 998-1 “Specyfikacja zapraw do murarstwa – część 1: nakładanie zaprawy tynkarskiej”) i sucha zaprawa mieszanin do murarstwa (norma ČSN EN 998-2 „Specyfikacja zapraw do murarstwa – część 2: zaprawa murarska”).

Koszt surowców do produkcji 1 tony mieszanin został określony na podstawie składów formuł wspomnianych w tabeli 2. Określono dalej podstawowy limit na poziomie 10000 t/rok (200 dni/rok), który odnosi się do jednej zmiany. Jednak można użyć 2 ciągle zmiany. Stałe, zmienne i całkowite koszty oraz uzyskane wyniki na poziomie wyjścia dla różnych cen pokazane są na rysunkach ilustrujących określenie progno rentowności.

Parametry zaprojektowanej linii produkcyjnej spowodowały wyrównanie stałych, osobistych, ogólnych, a także innych kosztów operacyjnych obydwu mieszanin. Różnią się jedynie koszty surowców, które w przypadku mieszaniny zapraw są ok. 4 razy wyższe. Wynika to głównie z powodu użycia plastyfikatora *Peramin SMF 30* w mieszaninach zapraw, który drastycznie zwiększa cenę. W przypadku mieszaniny gipsu, utylizacja suchego hydratu stanowi znaczącą część kosztów surowców.

Rysunki 10 i 11 pokazują indywidualne progi rentowności dla wybranych poziomów cenowych np. przecięcie rocznej wydajności i kosztów całkowitych. Produkcja mieszanin gipsu na poziomie najniższej wybranej ceny (700 CZK/t) jest nierealna przy możliwej wydolności. Potrzeba dwóch zmian, aby uzyskać cenę na poziomie 800 CZK/t. Próg rentowności określony dla najwyższej ceny osiągnięty może być przy wydajności 9100 t/rok dlatego dla ceny poniżej 1000 CZK/t można wybrać jedną zmianę.

manual applications meeting the requirements of ČSN EN 998-1 ‘Specification for mortar for masonry – Part 1: Rendering and plastering mortar’ and dry mortar mix for masonry meeting the requirements of ČSN EN 998-2 ‘Specification for mortar for masonry – Part 2: Masonry mortar’.

Raw material costs for production of 1 ton of mix were identified based on formula compositions mentioned in the table 2. We further determined a base regime for the line at the level of 10 000 t/year (200 days/year), which corresponds with a single-shift. However, a two-shift or continuous running can also be used. Variable, fixed and total costs and also reached outputs at different price level are shown in figures for determination of break-even point.

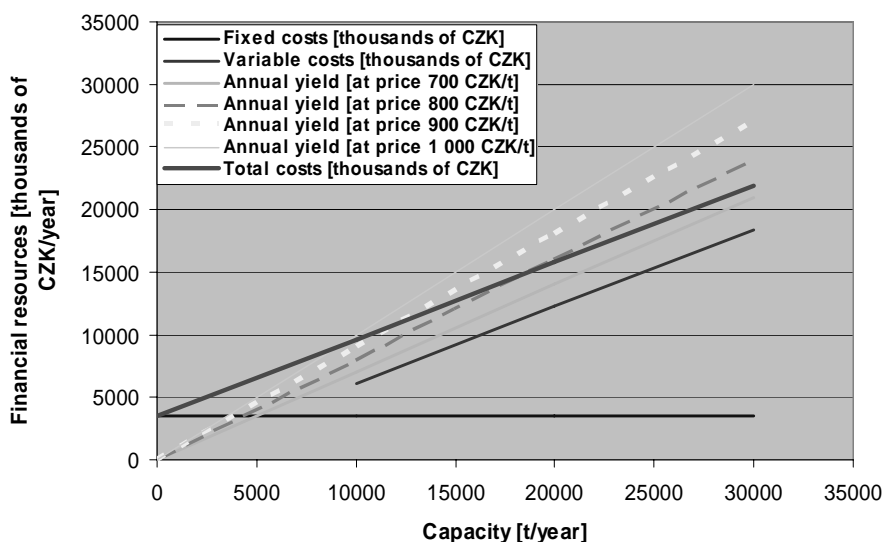
There is the same level of fixed, personal, overhead and also other operating costs at both mixes, which is caused by parameters of designed production line. But there are differences in raw material costs, which are approximately 4 times higher at masonry mixes. This is mainly due to the use of plasticizer *Peramin SMF 30* in the masonry mix, which dramatically increases its price. In the case of plaster mix, a utilization of dry hydrate represents significant part of raw material costs.

Figures 10 and 11 show individual break-even points at selected price levels, i. e. intersection of annual yield and total costs. A production of plaster mixes for the lowest chosen price (700 CZK/t) is unreal at the possible capacity. For the price at a level of 800 CZK/t, a two-shift is needed. The break-even point at the highest designed price corresponds approximately with a capacity of 9 100 t/year, so from under the price 1 000 CZK/t can be chosen a single-shift.

Tabela 2  
Skład formuł (procent wagi) do produkcji mieszanin suchych zapraw

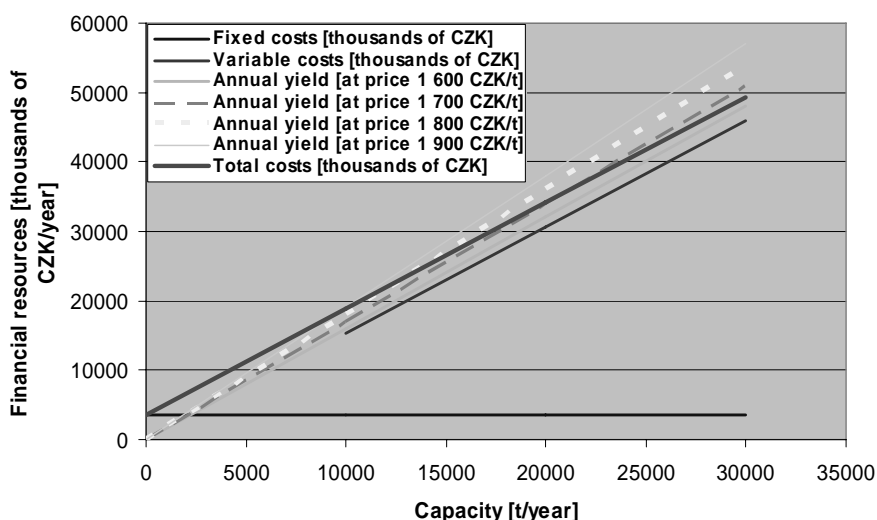
Składniki Components	Zaprawa tynkarska Plaster mix	Zaprawa murarska Masonry mix
Filtr popiołu fluidalnego Fluidized ash – filter	18,74	19,80
Cement I 42,5 R Cement I 42,5 R	1,25	4,95
Suchy hydrat CL 90 Dry hydrate CL 90	5,00	–
Kruszywa kopalne 0–4 Mined aggregates 0–4	74,96	74,26
Domieszka – czynnik napowietrzający (z suchej mieszanki) Berolan LP 50 Admixture – air-entraining agent (from dry mixture) Berolan LP 50	0,05	–
Domieszka – plastyfikator (ze spoiwa) Peramin SMF 30 Admixture – plasticizer (from binder) Peramin SMF 30	–	0,99

Table 2  
Formulas composition (in weight percentage) for dry mortar mixes production



Rys. 10  
Analiza progno rentowności dla mieszanki tynkarskiej

Fig. 10  
Break-even analysis for plaster mix



Rys. 11  
Analiza progno rentowności dla mieszanki murarskiej

Fig. 11  
Break-even analysis for masonry mix

Z powodu rentowności produkcji uzyskiwanej dopiero od wydajności 50 000 t/rok wybór najniższej określonej ceny na poziomie 1600 CZK/t, w przypadku mieszanin murarskich jest nierealny. Dwie zmiany wystarczą do zapewnienia wydajności w cenie 1 800 CZK/t. Próg rentowności dla najwyższej ceny uzyskuje się przy wydajności ok 9 500 t/rok. Zapotrzebowanie takie pokrywa praca jednej zmiany.

### Wnioski

Rozważana ocena ekonomiczna jest jedynie projektem teoretycznym. Projekt nie został opracowany dla określonego producenta, co oznacza, że jest uniwersalnym modelem z kilkoma niesprecyzowanymi

In the case of masonry mixes, a choice of the lowest designed price (1 600 CZK/t) is also unreal, because the production would be profitable from the capacity of 50 000 t/year. Two-shift would be sufficient for ensuring of profitability at the price 1 800 CZK/t. The break-even point for the highest designed price (1 900 CZK/t) lies at capacity approximately 9 500 t/year, which is ensured by single-shift.

### Conclusion

Solved economic evaluation is only a test case realized so-called 'on a green meadow'. It wasn't elaborated for a specific producer, which means, that it is a universal model with some unspecified input

parametrami wejścia. W przypadku użycia praktycznego, konieczne jest, aby w modelu wprowadzić niezbędne dane wejściowe.

### Podziękowanie

Ten artykuł powstał dzięki wsparciu Ministerstwa Edukacji, Młodzieży i Sportu Republiki Czeskiej poprzez projekt nr 1M06007 – „Centrum badań zintegrowanego rozwoju systemu dotyczące wykorzystania produktów ubocznych po wydobyciu i przetworzeniu surowców energetycznych“.

parameters. In case of practical using, it is necessary to fill in essential input data into the model.

### Acknowledgement

This contribution was supported by research project No. 1M06007 – ‘Research centre for integrated system development concerning utilization of by-products of energy resource mining and processing’ (RCforDIS) from the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

### Literatura – References

1. Suchardová M., Šimáčková H. and et al.: *Continuous reports on solution of ‘Research Centre for integrated system development concerning utilization of by-products of energy resource mining and processing’ in 2006 – 2010.*
2. Vyvážil, M., Ledererová, J., Svoboda, M., Bibora, P., Rubek, A.: *Artificial aggregate produced in the cold according to the purpose of the usage, XIIIth international conference of Research Institute of Building Materials “Ecology and new building materials and products”, Telč 9.6. – 11. 6. 2009, s. 46-51, ISBN 978-80-254-4447-4*
3. Vyvážil, M., Bibora, P., Leber, P., Ledererová, J., Svoboda, M.: *Vhodnost vedlejších energetických produktů pro výrobu umělého kameniva za studena, 4. ročník česko - slovenského symposia Výsledky výzkumu a vývoje pro odpadové hospodářství, Milovy, 22. – 24. 4. 2009, ISBN 978-80-02-02108-7*
4. Vyvážil, M., Bibora, P., Ledererová, J., Svoboda, M., Rubek, A.: *Artificial aggregate on base of secondary energetic products produced by cold way according to the purpose of the usage, 13th International conference on Environment and Mineral Processing, VŠB-TU Ostrava 2009, ISBN 978-80-248-1995-2*
5. *Směs ke zhotovení umělého pórovitého kameniva do konstrukcí na bázi vysokoteplotního popílku - užitný vzor přihlášený pod č. 2009 - 21879 dne 2.11.2009, zapsaný pod č. CZ 20315 U1 dne 3.12.2009. Úřad průmyslového vlastnictví Praha. Autoři: Ledererová Jaroslava, Svoboda Miroslav, Chromková Ivana, Vyvážil Martin.*
6. Ledererova J et al. *About basic aspects of ecological and economical utilization of industrial waste materials (original in Czech: O základních aspektech ekologického a ekonomického využívání průmyslových odpadních materiálů (POM)). In: X. Konference „Ekologie a nové stavební hmoty a výrobky“, Vustah Brno; 2006, p. 8-11. ISBN 80-239-7146-8.*
7. Kusnierova M et al. *Extracting Unburnt Coal from Black Coal Fly Ash. In: Technical Proceedings of the 2007 Nanotechnology Conference, Santa Clara; 2007; vol. 4: 628-631. ISBN 1-4200-6349-9.*
8. Jacko V, Michalikova F. *Possibilities of utilization of black coal ash from Energetics of U. S. Steel Kosice (original in Slovak language: Možnosti zuzitkovania ciernouholného popolceka z energetiky U. S. Steel Kosice. Acta Montanistica Slovaca 2005; 10 (1): 209-213, ISSN 1335-1788.*
9. Kušnierová M., Praščáková M., Čablik V., Fečko P., 2011 – *Odpady energetyczne jako substytut niemetalicznych surowców pierwotnych. Journal of the Polish Mineral Engineering Society, No 1(27), p. 73–78. ISSN 1640-4920*
10. Michalíková F., Škvarla J., Sisol M., Krinická I., Kolesárová M., 2010 – *Technologie przeróbce uszlachetniania, zawierających części palne, popiołów lotnych z węgla kamiennych spalanych w elektrociepłowniach. Inżynieria Mineralna z. 1-2(25-26), Wyd. Polskiego Towarzystwa Przeróbki Kopalni, Kraków, s. 9–26. ISSN 1640-4920.*