

## Wpływ wybranych parametrów na wynik oceny fotogrametrycznej urobku uzyskanej na podstawie Split Desktop 2.0

### Influence of various factors in Split Desktop 2.0. on the result of the fragmentation analysis



*Dr inż. Andrzej Biessikirski\**



*Mgr inż. Michał Dworzak\**



*Dr inż. Józef Pyra\**



*Mgr inż. Michał Twardosz\**

**Treść:** W artykule przedstawiono wpływ rodzaju okonturowania, kąta sporządzania dokumentacji fotograficznej oraz typu rozkładu na ocenę fragmentacji urobku. Badania przeprowadzono dla trzech różnych prób, uzyskanych z odstrzelenia bloczków badawczych. Na podstawie uzyskanych danych zauważono, że największy wpływ na analizę fotogrametryczną ma okonturowanie urobku. Delineacja automatyczna, pomimo że znacząco przyspieszała czas analizy, najczęściej wymagała wykonania przez użytkownika znaczących korekt, które w dużej ilości przypadków nie były możliwe do wprowadzenia. Kąt sporządzania dokumentacji zdjęciowej miał marginalne znaczenie dla wielkości kąta do 45°. Kąt 90° dokładnie obrazował płaszczyznę próby, przez co możliwa była lepsza identyfikacja rozmiaru analizowanych brył. Typ zastosowanego rozkładu miał marginalny wpływ na wynik analiz.

**Abstract:** The influence of the type of delineation, angle of photographs from which they were taken, and type of distribution based on which fragmentation assessment was made, were presented in this paper. Researched was made based the muck pile obtained from blasted three individual concrete blocks. On the basis of the obtained data, it was shown that the major influence on the assessment results, had a delineation process. Despite the fact that an automatic delineation, expedite time of the analysis, it most often requires from the user to perform a significant amount of corrections. Moreover in a large number of cases the corrections were not possible to apply. The angle range of 30, 45°, has not significantly influence the results of analysis. Only the angle of 90° showed different results. It was explained by the plane of the test, which made possible better identification of rock boundaries. The type of distribution had a small impact on the fragmentation result.

**Słowa kluczowe:**

fotogrametria, rozdrobnienie, roboty strzałowe, Split Desktop 2.0.

**Keywords:**

photogrammetry, fragmentation, blasting works, Split Desktop 2.0.

**1. Wstęp**

Split Desktop jest oprogramowaniem wykorzystywanym do określenia fragmentacji urobku. W zależności od wersji programu, praca polega na przetworzeniu: wykonanego zdjęcia, przechwyconej pojedynczej klatki video, lub zeskanowanego obrazu do skali szarości, a następnie wykonaniu delimitacji oraz analizy. (Siddiqui i in. 2009) podają, że pierwsze wersje oprogramowania zostały poprzedzone 9-letnim okresem badawczym. Obecnie oprogramowanie Split jest dostępne w dwóch wersjach: Spli Desktop (wymaga ingerencji użytkownika) oraz Split-Online (nie wymaga ingerencji użytkownika). System Split-Online umożliwia prowadzenie ciągłej analizy fragmentacji urobku na podstawie dokumentacji fotograficznej zbieranej z systemu kamer umieszczonych na przenośnikach taśmowych lub w łyżkach koparek (źródło internetowe nr 1). Oprogramowanie Split Desktop wykorzystywane jest najczęściej do oceny fragmentacji urobku otrzymanego m.in. w wyniku wykonanych robót strzałowych. Program w wersji 2.0. umożliwia pracę w trybie manualnym (delimitacja wykonywana przez użytkownika) oraz automatycznym (delimitacja wykonana przez program). Delimitacja manualna polega na ręcznym okonturowaniu analizowanych elementów, co powoduje, że analiza staje się bardziej czasochłonna wraz ze wzrostem ilości ocenianych brył. W trybie automatycznym, komputer wykonuje zdalne okonturowanie elementów na podstawie wcześniej zdefiniowanych przez użytkownika współczynników. Metoda ta znacznie przyspiesza czas analizy, ale wykonane przez komputer okonturowanie jest w większości przypadków niedokładne i wymaga manualnego sprawdzenia oraz korekt, przez co tryb ten może być niekiedy nazywany półautomatycznym. Ewentualne zminimalizowanie błędów i skrócenie procesu obróbki można uzyskać poprzez indywidualne dopasowanie trzech współczynników: *noise size* ( $N$ ), *watershed ratio* ( $W$ ) oraz *gradient* ( $G$ ) do każdego ocenianego usypu (wielkości i ilości brył). Współczynnik *noise size* określa wielkość najmniejszego zgrupowania pixeli (potencjalnego szumu), który jest rozpoznawany przez *spli algorithm* (algorytm podziału bryły). Współczynnik ten przyjmuje dowolne wartości w przedziale: 3,90. Można założyć,

że wyższe wartości współczynnika ustawia się w przypadku występowania brył o większych średnicach w ocenianym usypie. *Watershed ratio* odpowiada za ilość wykonywanych podziałów (obszarów). Uzyskane obszary są takie same pod kątem niektórych właściwości np. poziomu szarości. W przypadku Split Desktop 2.0. segmentacja obrazu odbywa się na podstawie rozróżnienia kształtu brył. *Gradient ratio* jest miarą skali szarości. Zmiana barwy skali umożliwia uzyskanie większej lub mniejszej ilości linii podziału.

Analiza fragmentacji w programie opiera się na przyjęciu jednego z dwóch podstawowych rozkładów Schumann lub Rosil-Rammlera oraz oszacowania i zastosowania filtrowania korekcyjnego w przypadku występowania dużej ilości frakcji poniżej 4 mm.

Zastosowanie techniki fotogrametrycznej było szeroko dyskutowane zarówno w literaturze polskiej (Batko i Sołtys 2007, Biessikirski i in. 2016a, 2016b, 2017a, 2017b), jak i światowej (Alert i in. 1996, Farnarzi i in. 2013, Maerz i in. 1987). Należy jednak zauważyć, że wszystkie omawiane prace opisują problematykę wpływu parametrów robót strzałowych lub stosowanej technologii na fragmentację urobku, lecz nie pokazują błędów, które mogą wynikać z nieprawidłowego prowadzenia analizy. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie wpływu niektórych parametrów, takich jak współczynnik  $N$  oraz przyjętej metodyki (typ okonturowania, rodzaj przyjętego rozkładu i kąta sporządzania dokumentacji fotograficznej) na wynik analizy.

**2. Charakterystyka materiału badawczego**

Materiał do analizy został uzyskany z badań poligonowych realizowanych w ośrodku badawczo-dydaktycznym Centralnego Laboratorium Techniki Strzelniczej i Materiałów Wybuchowych AGH w Regulicach. Stanowił on fragmenty rozdrobnionego bloczku betonu komórkowego otrzymanego w wyniku modelowych strzelań próbnych dla zmiennej wielkości zabioru (odpowiednio 30 (Z3), 60 (Z6) oraz 90 mm (Z9), dla odległości między otworami równej 60 mm), dla których średni rozmiar ziarna przekraczał 20 mm (nadziarno). Przykładowy bloczek badawczy wraz z efektem strzelania przedstawiono na rys. 1. Strzelań próbne, w wyniku których uzyskano materiał porównawczy do analizy, zostały zrealizowane przez studentów Koła Naukowego Detonator (AGH Kraków) w ramach własnego projektu badawczego.



Rys. 1. Odstrzelony bloczek badawczy  
Fig 1. Output of the blasting works

**2.1. Metodyka badawcza**

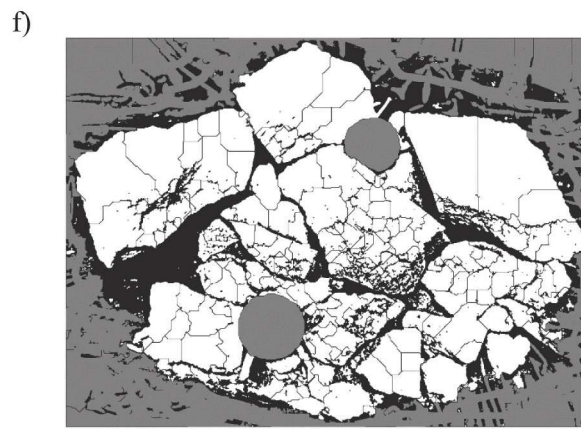
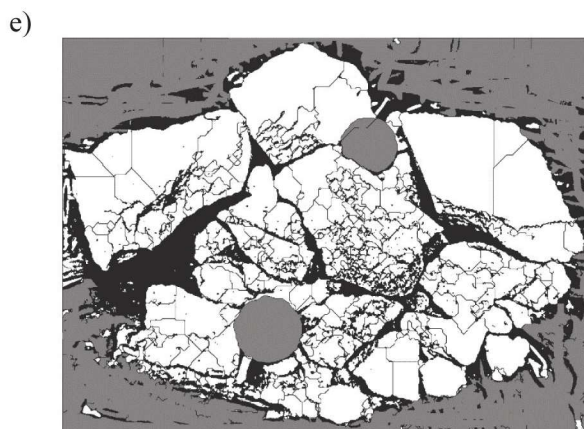
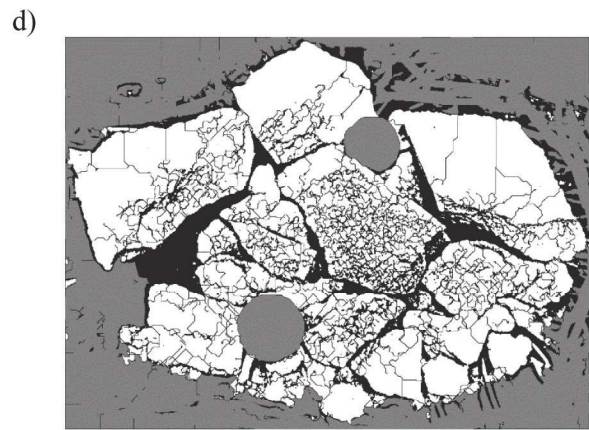
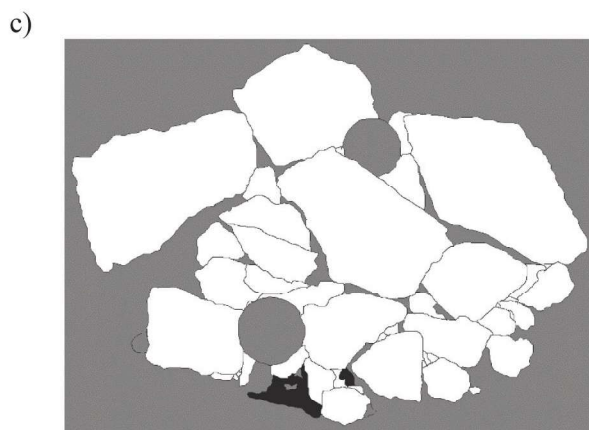
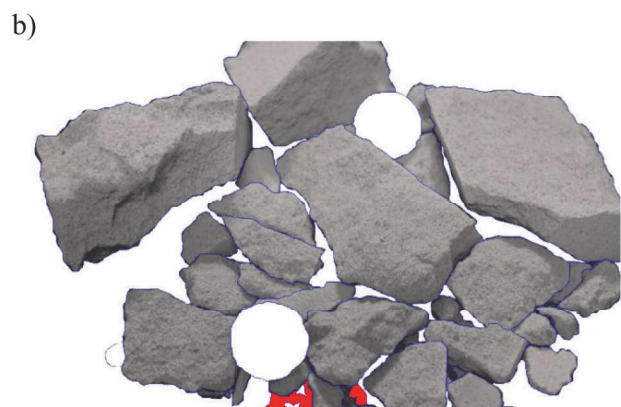
Dokumentację fotograficzną odstrzelonego urobku sporządzono zgodnie z ogólnymi zaleceniami opisanymi w pracach (Aler i in. 1996, Batko i Sołtys 2007, Farmarzi i in. 2013, Li i in. 2016). Na ciemnej płachcie, punktowo wysypano odstrzelony urobek w taki sposób, aby zminimalizować potencjalny wpływ koloru tła w prowadzonej analizie. W dwóch przeciwstawnych punktach prób umieszczone zostały kuliste wzorniki o stałej średnicy 40 mm każdy. Dokumentację zdjęciową wykonano dla 3 różnych ustawień kąta aparatu względem próby: 30°, 45° i 90°. Dla każdego z kątów wykonano po 3 zdjęcia, które następnie poddano analizie typu *dual object*. Celem wykazania wpływu okonturowania urobku na wynik analizy przeprowadzono delinearację manualną (rys. 2b-c) oraz automatyczną (rys. 2d-h). W przypadku delinearacji automatycznej stopniowo zwiększono

wartość współczynnika *N*. Wartości zastosowanych współczynników przedstawiono w tabeli 1.

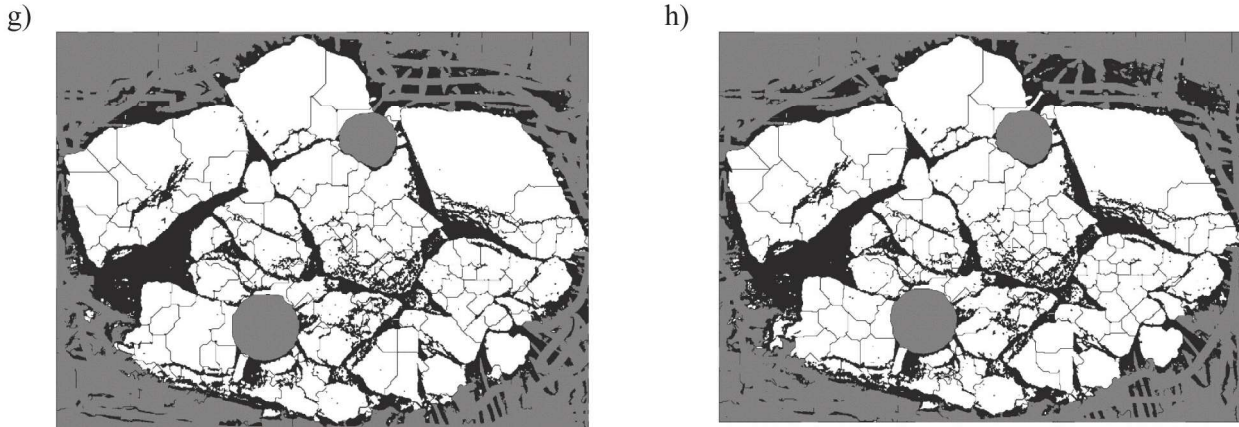
**Tabela 1. Współczynniki wykorzystane do automatycznego okonturowania**

**Table 1. Coefficients which were used in order to performed delineation**

Lp.	Współczynnik		
	N	W	G
Test 1	5	0,5	0,12
Test 2	25		
Test 3	55		
Test 4	75		
Test 5	95		



Rys. 2. cd. na str 4



**Rys. 2. Ocena rozdrobnienia urobku dla Z3:** a) oceniany urobek, b) ręczne okonturowanie urobku, c) urobek po ręcznej delineacji, d) delineacja dla test 1, e) delineacja dla test 2, f) delineacja dla test 3, g) delineacja dla test 4, h) delineacja dla test 5

**Fig 2. Evaluation of the Z3 muck pile fragmentation:** a) muck pile, b) manual delineation, c) muck pile after edition, d) delineation test no. 1, e) delineation test no. 2, f) delineation test no. 3, g) delineation test no. 4, h) delineation test no. 5

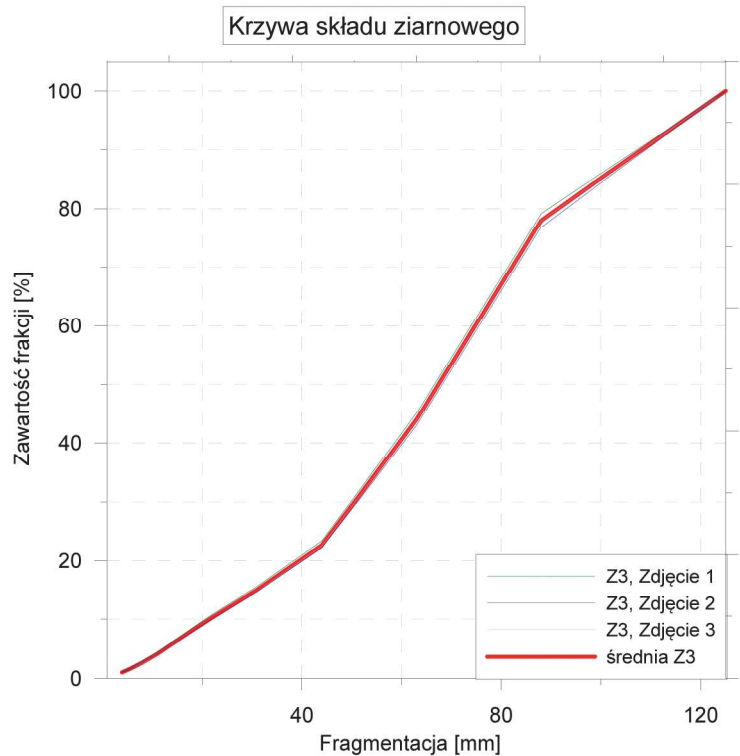
Białe pola widoczne na rys. 2c-h są obszarami, które były objęte analizą. Pola szare (tło oraz przedmioty kuliste) zostały zdefiniowane jako elementy niebiorące udziału w ocenie. Widoczny czarny obszar (rys. 2c) pochodził ze zdefiniowanego pola oznaczającego frakcję najdrobniejszą. W programie Split Desktop 2.0 była to frakcja poniżej 4 mm, która została później ujęta w analizie. W przypadku rys. 2d-h widoczne czarne pola znajdowały się wokół lub pomiędzy elementami badawczymi i pochodziły z wykonanych przez program konturów. Jednak w związku ze sposobem prowadzonej w programie analizy obszary te nie były oceniane, a więc podobnie jak tło i przedmioty, względem których wykonywano skalowanie, nie wpływały na końcowy wynik oceny. Porównując ze sobą wyniki delineacji ręcznej (rys. 2c) i automatycznej (rys. 2c-h), zauważono różnice w kształtach ocenianych brył. W przypadku analizy ręcznej wykonany został dokładny obrys kształtu. Algorytm wykonujący delineację automatyczną podzielił większość brył na mniejsze fragmenty. Prawdopodobnie wynikało to z różnicy koloru (pomimo zachowania stałego natężenia oświetlenia) i rzucania cienia przez oceniany urobek. Zwiększenie wartości współczynnika  $N$  (rys. 2c-h) spowodowało zmniejszenie ilości podziałów brył. Spowodowane jest to mniejszą „czułością” algorytmu podziału.

### 3. Ocena fragmentacji

Na podstawie rys. 3. można zauważyć, że uzyskane krzywe składu ziarnowego dla poszczególnych zdjęć (urobek Z3, 30°) praktycznie się na siebie nakładają. Nieznaczne odchylenia świadczą o staranności wykonania analizy, przez co można przyjąć, że dane uzyskane z okonturowania manualnego można traktować jako dane wzorcowe. W przypadku pozostałych kątów (45° i 90°), podobnie nie zauważono dużych różnic w uzyskanych wartościach (tabela 2). W przypadku delineacji automatycznej, krzywe składu ziarnowego uzyskano w sposób analogiczny, (rys. 3).

W przypadku delineacji automatycznej (krzywe test 1 ÷ test 5, rys. 4), zauważono podobną tendencję

jak dla delineacji manualnej (krzywe rys. 3). Uzyskane krzywe składu ziarnowego są do siebie zbliżone, (rys. 4, krzywe: testy 1, 5). Można zauważyć, że zgodnie z założeniem, wraz ze zwiększeniem wartości współczynnika  $N$ , udział frakcji drobnych zwłaszcza do 40 mm ulegał zmniejszeniu. Wynikało to najprawdopodobniej z większej segmentacji wykonanej przez algorytm podziału wskutek rozpoznawania nieznacznych zmian koloru jako dodatkowych granic podziału. Porównując uzyskane średnie krzywe składu ziarnowego dla okonturowania automatycznego (linia niebieska, rys. 4) oraz manualnego (linia czerwona, rys. 4) w przypadku delineacji automatycznej

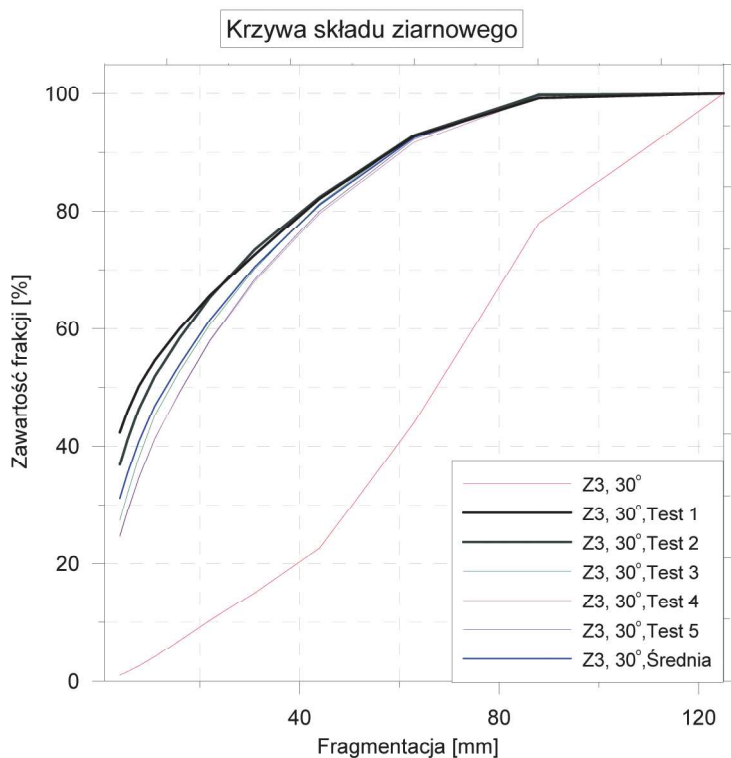


**Rys. 3. Krzywa składu ziarnowego urobku Z3, 30°, dla poszczególnych zdjęć, okonturowanie manualne, rozkład Schumanna**  
**Fig 3. Cumulative size distribution of the Z3 muck pile, 30°, manual delineation, Schumann distribution**

**Tabela 2. Przykładowe wartości fragmentacji urobku dla każdego analizowanego zdjęcia dla Z3, rozkład Schumanna w zależności od kąta wykonania zdjęcia**

**Table 2. Exemplary data of each individual photograph of the Z3 muck pile, in relations to the angle from which photographs were taken, Schumann distribution**

Zakres ziarna	Z3								
	kąat 30°			kąat 45°			kąat 90°		
	Zdj. 1	Zdj. 2	Zdj. 3	Zdj. 1	Zdj. 2	Zdj. 3	Zdj. 1	Zdj. 2	Zdj. 3
0,4,0	1,12	0,99	0,97	1,24	1,10	0,86	0,70	0,70	0,93
4,0,5,5	1,73	1,54	1,51	1,88	1,69	1,35	1,11	1,11	1,42
5,5,7,8	2,77	2,49	2,45	2,96	2,71	2,22	1,81	1,82	2,28
7,7÷11	4,40	4,00	3,95	4,62	4,32	3,62	2,96	2,97	3,61
11,0÷16,0	7,31	6,73	6,68	7,55	7,19	6,19	5,07	5,08	6,00
16,0÷22,0	10,79	10,03	10,02	11,45	11,11	9,78	8,02	8,03	9,24
22,0÷31,0	15,51	14,60	14,67	17,03	17,77	15,18	12,25	12,56	13,78
31,0,44,0	23,34	22,14	22,46	24,28	26,23	22,95	18,20	18,46	19,71
44,0,63,0	45,06	42,99	43,88	42,62	45,43	42,96	32,84	32,48	33,90
63,0,88,0	79,20	76,88	77,97	73,72	75,99	75,11	61,27	61,29	62,63
88,0÷125,0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	96,91	97,15	97,46
125,0÷250,0	-	-	-	-	-	-	100,00	100,00	100,00



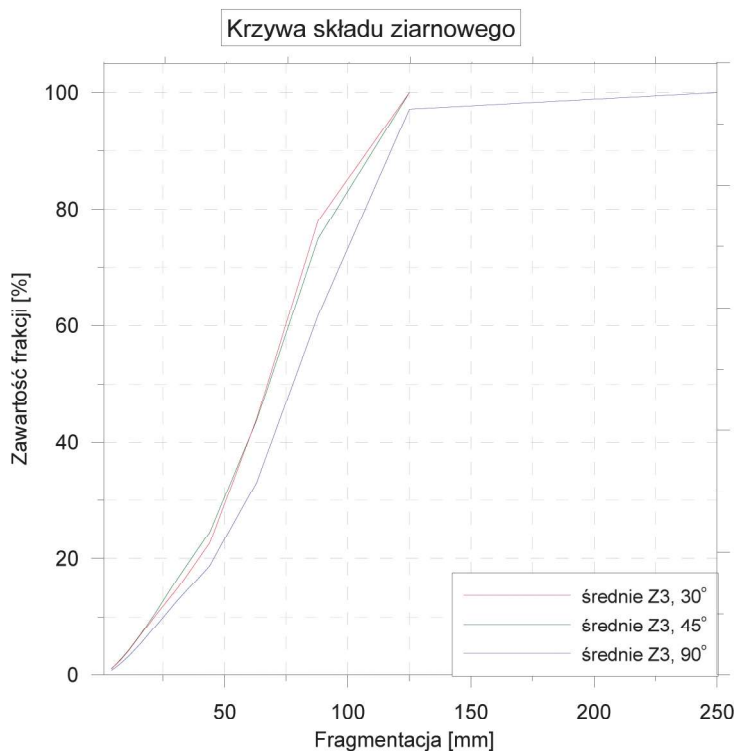
**Rys. 4. Krzywa składu ziarnowego urobku Z3, 30°, w zależności od typu delineacji dla rozkładu Schumanna**

**Fig 4. Cumulative size distribution of the Z3 muck pile, 30°, in relation to the type of delineation, Schumann distribution**

zauważono przeszacowanie wyniku o ok. 30,0,40,0%, dla frakcji do ok. 40 mm. Wraz ze wzrostem wielkości ziarna (w zakresie 40,90 mm, rys. 4) przewymiarowanie ulegało zmniejszeniu. Większa zawartość brył o średnicy powyżej 90 mm była najprawdopodobniej spowodowana, w przypadku okonturowania automatycznego, scaleniem niektórych z

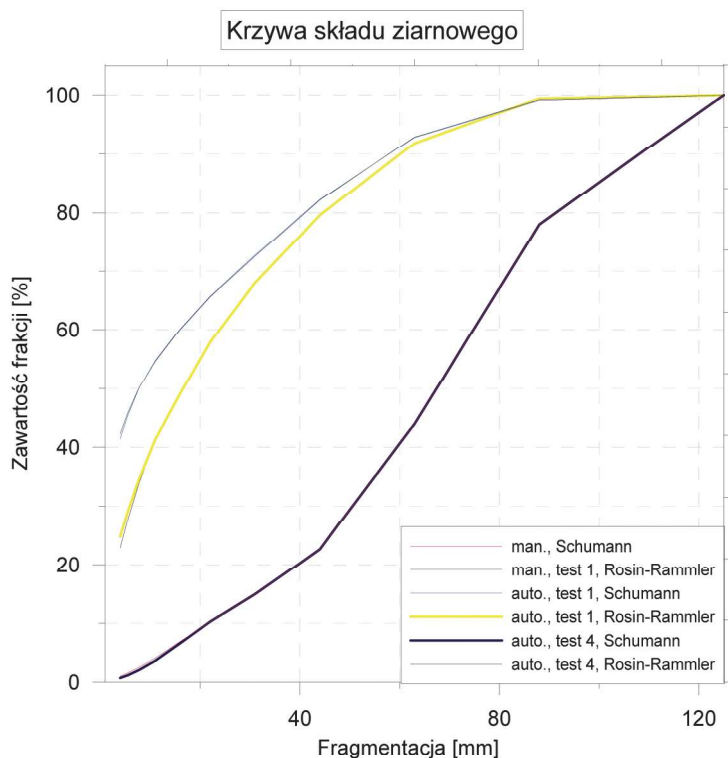
nich. Świadczy to o niedokładności algorytmu i konieczności dalszych ręcznych ingerencji.

Wpływ kąta sporządzania dokumentacji fotograficznej na wielkość fragmentacji urobku Z3, dla okonturowania manualnego przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Krzywa składu ziarnowego urobku Z3, w zależności od kąta sporządzenia dokumentacji zdjęciowej, okonturowanie manualne, rozkład Schumanna

Fig 5. Cumulative size distribution of the Z3 muck pile, in relation to the angle from which photographs were taken, manual delineation, Schumann distribution



Rys. 6. Krzywa składu ziarnowego urobku Z3, 30°, dla obu typu okonturowania, na podstawie rozkładów Rosin-Rammlera oraz Schumanna

Fig 6. Cumulative size distribution of the Z3 muck pile in relation to the type of the distribution, 30

W przypadku uzyskanych krzywych składu ziarnowego dla kątów 30° i 45° nie zauważono wyraźnego wpływu kąta na wielkość rozdrobnienia (rys 5, tabela. 2). Wyznaczone wielkości brył mieściły się w zakresie do 125 mm. W przypadku kąta 90° wyznaczono dodatkowo frakcję w przedziale 125÷250 mm. Spowodowane to było odwzorowaniem dokładnych wymiarów brył. Dodatkowo, wraz ze wzrostem kąta wykonywania zdjęcia obserwowano nieznaczny spadek rozmiarów wielkości ziarna.

Program Split Desktop umożliwia przeprowadzenie analizy na podstawie rozkładu Schumanna oraz Rosil-Rammana. Różnice w przykładowych uzyskanych wynikach dla obu typów delineacji dla Z3 i kąta 30°, przedstawiono na rys. 6.

Rys. 6 pokazuje, że nie ma wyraźnych różnic dla zastosowanych rozkładów. Nieznaczne dywergencje mogą wynikać, jak podaje (Fedoryszyn 1996), z odstępstwa parametru charakteryzującego stopień skupienia wielkości ziaren materiału wokół wielkości średniej a wielkością charakterystyczną ziarna.

Przykładowe średnie krzywe składu ziarnowego przedstawiono na rys. 6., dla wszystkich analizowanych zabiorów.

#### 4. Wnioski

W artykule przedstawiono problematykę wpływu typów okonturowania, kąta wykonywania dokumentacji fotograficznej oraz rodzaju rozkładu na wynik analizy fragmentacji w programie Spli Desktop 2.0. Na podstawie uzyskanych danych zauważono, że:

- delineacja automatyczna znacząco przyspiesza czas analizy, jednak wynik okonturowania musi być znacząco korygowany przez użytkownika. Porównując uzyskane średnie wartości wyników analiz dla okonturowania manualnego i automatycznego, zauważono znaczne przeszacowanie wyników w przypadku delineacji automatycznej,
- wzrost współczynnika  $N$  powodował spadek zawartości frakcji drobnych do około 40 mm. Wynikać to mogło z większej segmentacji wykonanej przez algorytm podziału,
- w przypadku kątów do 45° nie obserwowano wyraźnego wpływu na wielkość fragmentacji. Dopiero kąt prosty spowodował rozpoznanie frakcji w przedziale 125÷250 mm. Spowodowane to było poprzez konturowanie rzeczywistych wymiarów brył,
- dla wszystkich analizowanych danych uzyskano zbliżone wyniki dla rozkładu Schumanna oraz Rosil-Raman. Nieznaczne różnice wynikać mogą ze stopnia skupienia wielkości ziaren materiału wokół wielkości średniej a wielkością charakterystyczną ziarna.

Ze względu na ilość wykonanych analiz oraz wynikającą z tego ilość uzyskanych danych przedstawione zostały wyniki tylko i wyłącznie dla Z3. Należy jednak zaznaczyć, że ze względu na obserwowane prawidłowości można je traktować w sposób użyteczny. Pozostałe rezultaty dla Z6 i Z9 zostaną szerzej przedstawione w późniejszych pracach.

*Źródło finansowania*  
Praca została zrealizowana w ramach subwencji jakiej?  
**16.16.100.215**

#### Literatura

- ALER J., DU MOUZA J., ARNOULD M. 1996 - Measurement of the fragmentation efficiency of rock mass blasting and its mining applications. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences Geomech*, nr 33, s. 125 - 139.
- BATKO, P., SOŁTYS A. 2007 - O sposobach określania składu ziarnowego urobku po strzelaniu. *Magazyn WUG: „Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie”*, nr 9(1), s. 5-8.
- BIESSIKIRSKI A., DWORZAK M., PYRA J. 2016a - Pośrednia analiza fragmentacji urobku otrzymanego w wyniku robót strzałowych wykonywanych w kopalni dolomitu. *„Przeгляд Górnicy”*, nr 72(7), s. 33-38.
- BIESSIKIRSKIA A., DWORZAK M., PYRA J. 2016b - Analiza porównawcza fragmentacji urobku na przykładzie jednej z kopalń dolomitu. *„Przeгляд Górnicy”*, nr 72(12), s. 48-53.
- BIESSIKIRSKI A., TERPÁK D., MUSTAFIN V., ROMANOV V., SUCHOV D. 2017a - Analiza fragmentacji rudy niklowo-miedziowej eksploatowanej systemami z czołowym wypuszczaniem urobku na przykładzie rosyjskich kopalń podziemnych. *„Przeгляд Górnicy”*, nr 73(10), s. 58-64.
- BIESSIKIRSKI A., TERPÁK D., DWORZAK M., PYRA J., TWARDOSZ M. 2017b - Wpływ parametrów geometrycznych robót strzałowych na stopień rozdrobnienia urobku przy eksploatacji magnezytu systemem komorowo-filarowym. *„Inżynieria Mineralna”*, nr 18(2), s. 303-312.
- FARMARZI F., MANSOURIN H., EBRAHIMIFARSANGI M.A. 2013 - A rock engineering systems based model to predict rock fragmentation by blasting. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, nr 60, s. 82 - 94
- FEDORYSZYNA. 1996 - Charakterystyki ziarnowe podstawą oceny jakości osnowy piaskowej mas formierskich. *„Krzepnięcie Metali i Stopów”*, nr 26, s. 231-238.
- LI, X.F., LI, H.B., LIU, Y.Q., ZHOU, Q.C., XIA, X. 2016 - Numerical simulation of rock fragmentation mechanism subject to wedge penetration for TBMs. *Tunneling and Underground Space Technology*, nr 53, s. 96-108.
- MAERZ N.H., FRANKLIN J.A., COURSEN D.L. 1987 - Fragmentation measurements for experimental blasting in Virginia. S.E.E. Materiały konferencyjne: 3rd Mini-Symp. on Explosives and Blasting Research, s. 56 - 70.
- SIDDQUI F.I., ALI SHAH S.M., BEHAN M.Y. 2009 - Measurements of size distribution of blasted rock using digital image processing. *JKAU: Eng Sci.* nr 20(2), s. 81-93.

Źródło internetowe nr 1. <https://www.spliteng.com>

Artykuł wpłynął do redakcji – kwiecień 2020

Artykuł akceptowano do druku – 15.06.2020