

Wymagania wobec uziarnienia kruszyw wg PN-EN 13043:2004.

Norma PN-EN 13043:2004 określa wymagania wobec kruszyw stosowanych do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych. Jedno z takich wymagań dotyczy uziarnienia kruszywa. Nowa norma, w odróżnieniu od starej, oprócz określenia podziarna i nadziarna w badanej frakcji określa też, co dzieje się wewnątrz przedziału. Pozwala to na zapewnienie bardziej jednolitej produkcji kruszyw i uniknięcia problemu z dużą zmiennością uziarnienia produkowanej MMA.

Uziarnienie kruszywa sprawdza się poprzez porównanie przesiewów badanego kruszywa z wymaganiami określonymi w normie. Dokonuje się tego na sitach: $2D$, $1,4D$, D , d , $d/2$. Na tej podstawie ustala się określoną kategorię kruszywa. Jeżeli sita $1,4D$, $d/2$ nie są dokładnymi wymiarami sit wg ISO 565:1990, serii R20 to należy przyjąć najbliższy wymiar sita z zestawu „podstawowy + 1”. Wymiary sit podane są w tabeli 28. Wymagania dotyczące uziarnienia kruszyw przedstawiono w tabeli 29.

Tabela 28. Wymiary sit do oznaczenia kategorii uziarnienia.

Sito #, [mm]	Sito #, [mm]			
D lub d	$2D$	$1,4D$	$D/1,4$	$D/2$ lub $d/2$
45	90	63	31,5	22,4
31,5	63	45	22,4	16
22,4	45	31,5	16	11,2
16	31,5	22,4	11,2	8
11,2	22,4	16	8	5,6
8	16	11,2	5,6	4
5,6	11,2	8	4	2
4	8	5,6	2	2
2	4	2	1	1
1	2	1,4	-	0,5

Tabela 29. Wymagania dotyczące uziarnienia kruszyw.

Kruszywo	Wymiar mm	Procent przechodzącej masy					Kategoria G
		2 D	1,4 D ^a	D ^b	d	d/2 ^a	
Grube	D > 2	100	100	od 90 do 99	od 0 do 10	od 0 do 2	G _C 90/10
		100	od 98 do 100	od 90 do 99	od 0 do 15	od 0 do 5	G _C 90/15
		100	od 98 do 100	od 90 do 99	od 0 do 20	od 0 do 5	G _C 90/20
		100	od 98 do 100	od 85 do 99 ^c	od 0 do 15	od 0 do 2	G _C 85/15
		100	od 98 do 100	od 85 do 99 ^c	od 0 do 20	od 0 do 5	G _C 85/20
		100	od 98 do 100	od 85 do 99 ^c	od 0 do 35	od 0 do 5	G _C 85/35
Drobne	D ≤ 2	100	–	od 85 do 99	–	–	G _F 85
O ciągłym uziarnieniu	D ≤ 45 mm i d = 0	100	od 98 do 100	od 90 do 99	–	–	G _A 90
		100	od 98 do 100	od 85 do 99	–	–	G _A 85

^a Gdy sita obliczone z 1,4 D i d/2 nie są dokładnymi wymiarami sit wg ISO 565:1990, seria R20, należy przyjąć następny najbliższy wymiar sita.

^b Jeśli pozostałość na sicie D jest mniejsza niż 1 % masy, producent powinien udokumentować i deklarować uziarnienie typowe, w tym z wykorzystaniem sit D, d, d/2 oraz sit z zestawu podstawowego plus zestaw 1 lub zestawu podstawowego plus zestaw 2 dla wartości pośrednich pomiędzy d i D.

^c Dla poszczególnych wymiarów kruszyw grubych d/D, gdzie D/d < 2, o kategorii G_C85/15, G_C85/20 i G_C85/35, wartość masy przechodzącej przez D – zgodnie z danym zastosowaniem – może być zmniejszona o 5 %.

Kruszywo grube

Sprawdzenie kategorii uziarnienia oraz dopuszczalnych odchyłek od składu deklarowanego przez producenta zostanie przedstawione dla kruszywa dolomitowego 2/8. W tabeli zestawiono analizę sitową uzyskaną podczas badania w laboratorium oraz skład typowy deklarowany przez producenta.

Tabela 30. Wyniki analizy sitowej kruszywa grubego

Wymiar sita # [mm]	Uziarnienie uzyskane w laboratorium [%]		Uziarnienie deklarowane przez producenta [%]	
	odsiew	przesiew	odsiew	przesiew
16,0				
11,2		100		100
8,0	4,3	96	4,6	95
5,6	31,7	64	28,8	67
4,0	28,6	35	31,5	35
2,0	27,9	8	28,4	7
1,0	3,8	4	4,1	3
0,5	0,6	3	0,5	2
0,25	0,3	3	0,1	2
0,125	0,2	3	0,0	2
0,063	0,3	2,4	0,0	1,9
<0,063	2,4		1,9	

Dane o naszym kruszywie potrzebne do dalszej analizy:

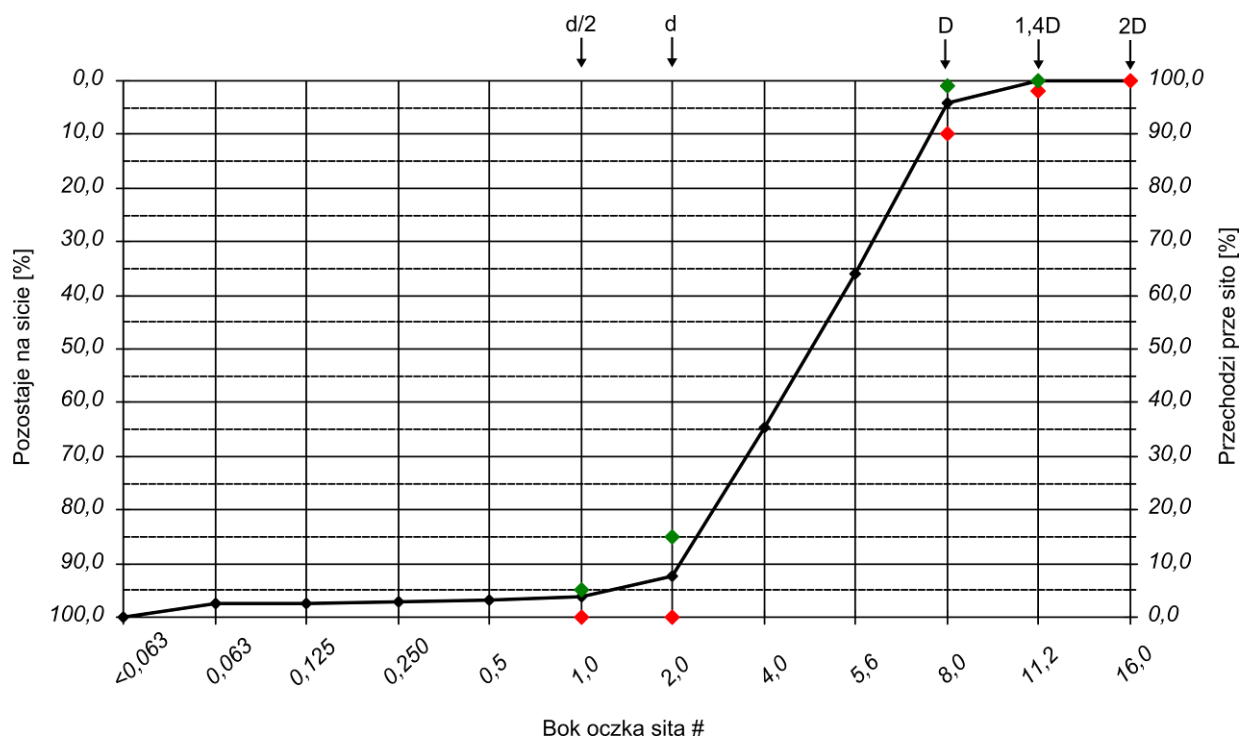
- wymiar kruszywa: $d/D = 2/8$ ($D = 8\text{ mm}$; $d = 2\text{ mm}$),
- stosunek $D/d = 8/2 = 4$ (stosunek ten nie powinien być mniejszy niż 1,4),
- sita kontrolne: $2D = 16\text{ mm}$; $1,4D = 11,2\text{ mm}$; $D/1,4 = 5,6\text{ mm}$; $D/2 = 4\text{ mm}$; $d = 2\text{ mm}$, $d/2 = 1\text{ mm}$.

Kruszywo będzie stosowane na warstwę podbudowy pod ruch KR3 stąd według WT-1 2014 kategoria uziarnienia nie powinna być niższa niż $G_{c85/20}$. Oznacza to, że dopuszczamy 15% nadziarna ($100-85=15$) i 20% podziarna. W naszym przykładzie przez sito #8,0 (czyli przez sito D) przechodzi 96%. Stąd nadziarna mamy $100\%-96\%=4\%$. Podziarna, czyli to co przechodzi przez sito $d = 2\text{ mm}$, w przykładzie jest 8%. Dlatego możemy przyjąć, że kategoria uziarnienia analizowanego kruszywa wynosi $G_{c90/10}$. (nadziarna do 10% i do 10% podziarna). Jak widać jest to kategoria dużo wyższa niż wymagana dla stosowanej warstwy.

Jak wyglądają uziarnienia kruszywa na poszczególnych sitach? Dla określonej przez nas kategorii mamy:

- sito $2D = 16\text{ mm}$ – powinno przejść 100%: przechodzi 100%
- sito $1,4D = 11,2\text{ mm}$ – powinno przejść 100%: przechodzi 100%
- sito $D = 8\text{ mm}$ – powinno przejść 90 do 99%: przechodzi 96%
- sito $d = 2\text{ mm}$ – powinno przejść od 0 do 10%: przechodzi 8%
- sito $d/2 = 1\text{ mm}$ – powinno przejść od 0 do 2%: przechodzi 4%

Jak widać przesiew na sicie $d/2$ nie mieści się w granicach określonych przez normę. Musimy, więc obniżyć kategorię uziarnienia kruszywa. Dla kategorii $G_{c90/15}$ wymagania dotyczące poszczególnych sit są spełnione i ostatecznie taką kategorię przyjmujemy dla analizowanego kruszywa. Rysunek poniżej przedstawia krzywą uziarnienia kruszywa z naniesionymi punktami kontrolnymi na poszczególnych sitach.



Rysunek 51. Graficzne przedstawienie wymagań dla kruszywa grubego

Ponieważ stosunek D/d jest większy od 2 dodatkowo musimy oznaczyć tolerancję uziarnienia kruszywa. Zgodnie z zapisem WT 1 2014 odchylenia od uziarnienia typowego nie powinny być większe niż określone przez kategorię $G_{20/17,5}$. Wymagania odnośnie tej kategorii przedstawione są w tabeli 31. Sprawdzenia dokonujemy na sicie pośrednim $D/2 = 4,0$ mm (ponieważ stosunek D/d jest równy 4)

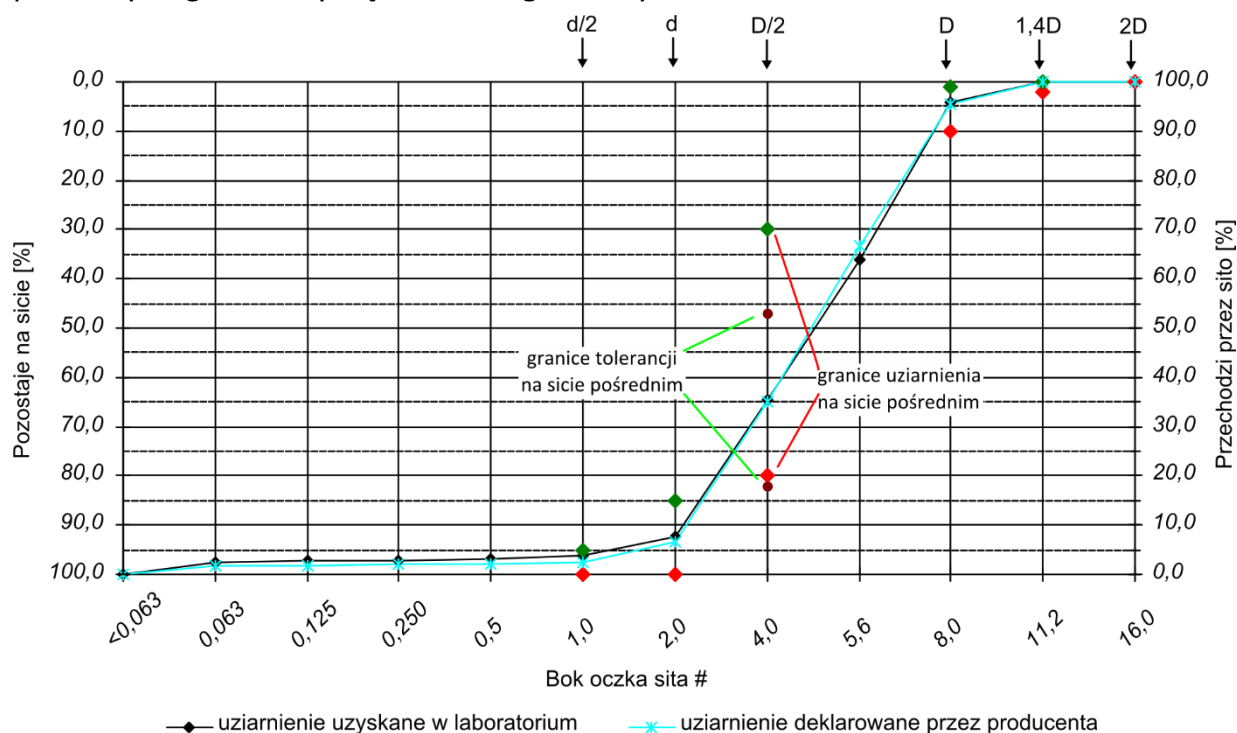
Tabela 31. Granice tolerancji uziarnienia dla kruszywa grubego

D/d	Sito pośrednie ^a mm	Ogólne granice i tolerancje na sitach pośrednich (procent przechodzącej masy)		Kategoria G
		Ogólne granice	Tolerancje dla typowego uziarnienia deklarowanego przez producenta	
< 4	$D/1,4$	od 25 do 80	± 15	$G_{25/15}$
		od 20 do 70	± 15	$G_{20/15}$
≥ 4	$D/2$	od 20 do 70	$\pm 17,5$	$G_{20/17,5}$
Brak wymagania				G_{NR}

^a Tam gdzie sito pośrednie określone jak wyżej, nie ma dokładnych wymiarów sita z serii R20 wg ISO 565:1990, należy użyć najbliższe sito z serii.

Przez to sito powinno przejść od 20 do 70 % materiału. W przykładzie przesiew przez sito wynosi 35% co jest to zgodne z wymaganiami. W kolejnym kroku należy ustalić czy przesiew ten mieści w granicach tolerancji uziarnienia. Z deklaracji producenta odczytujemy, że przesiew przez sito #4,0 mm wynosi 35%. Od tej wartości odejmujemy i dodajemy wartość 17,5%. Otrzymamy w ten sposób węższe granice uziarnienia, które powinno spełnić kruszywo. Górna granica wyniesie $35+17,5=52,5\%$; dolna natomiast $35-17,5=17,5\%$. Ponieważ dolna granica tolerancji uziarnienia jest mniejsza niż

dopuszczalny przesiew przez sito, to należy tutaj stosować ograniczenie wynikające z dopuszczalnego przesiewu. Porównując te granice z uziarnieniem naszego kruszywa stwierdzamy, że spełnia ono wymagania kategorii tolerancji uziarnienia. W przypadku gdyby stosunek D/d był mniejszy od 2 norma uznaje, że frakcja jest na tyle wąska, że nie ma potrzeby sprawdzać uziarnienia wewnątrz frakcji. Na rysunku poniżej przedstawiono pełne wymagania dotyczące badanego kruszywa.



Rysunek 52 Graficzne przedstawienie pełnych wymagań dla kruszywa grubego

Należy zauważyć, że w przypadku kruszywa grubego o D/d i kategorii $G_{c85/15}$, $G_{c85/25}$ i $G_{c85/35}$ wartość masy przechodzącej przez sito D może być zmniejszona o 5%. Oznacza to zwiększenie udziału nadziarna do 20% m/m. Można to zrobić zgodnie z zastosowaniem, czyli od decyzji inwestora lub projektanta, gdy nie wpłynie to na właściwości uzyskiwanej mieszanki mineralno-asfaltowej.

Kruszywo drobne i o ciągłym uziarnieniu

Sprawdzenie kategorii uziarnienia oraz dopuszczalnych odchyłek od składu deklarowanego przez producenta zostanie przedstawione dla kruszywa łamanego granodiorytowego 0/4. Zgodnie z normą jest to kruszywo o uziarnieniu ciągłym. W tabeli zestawiono analizę sitową uzyskaną podczas badania w laboratorium oraz skład typowy deklarowany przez producenta. Podobnie jak we wcześniejszym przykładzie kruszywo będzie stosowane na warstwę podbudowy pod ruch KR3.

Tabela 32. Wyniki analizy sitowej kruszywa o ciągłym uziarnieniu

Wymiar sita # [mm]	Uziarnienie uzyskane w laboratorium [%]		Uziarnienie deklarowane przez producenta [%]	
	odsiew	przesiew	odsiew	przesiew
11,2				
8,0		100		100,0
5,6	0,1	100	0,3	100
4,0	13,4	87	10,2	90
2,0	28,3	58	36,4	53
1,0	19,8	38	21,9	31
0,5	12,9	26	8,4	23
0,25	8,4	17	6,4	16
0,125	5,2	12	4,3	12
0,063	3,7	8,2	5,9	6,2
<0,063	8,2		6,2	

W przypadku kruszywa drobnego sprawdzenie wygląda nieco inaczej. Występuje kontrola nadziarna na sitach $2D$ i $1,4D$, ale brak jest kontroli podziarna. Ilość pyłów ograniczana jest poprzez kategorię zawartości pyłów f . Dla kruszywa drobnego jest tylko jedna kategoria – G_F85 , zaś dla kruszywa o uziarnieniu ciągłym dwie – G_A85 i G_A90 . Zgodnie z zapisem w WT1:2014 analizowane kruszywo powinno spełniać wymagania dla kategorii G_A85 oraz zawartość pyłów nie powinna być większa niż określona kategorią f_{16} (czyli pyłów powinno być $\leq 16\%$)

Dane o naszym kruszywie potrzebne do dalszej analizy:

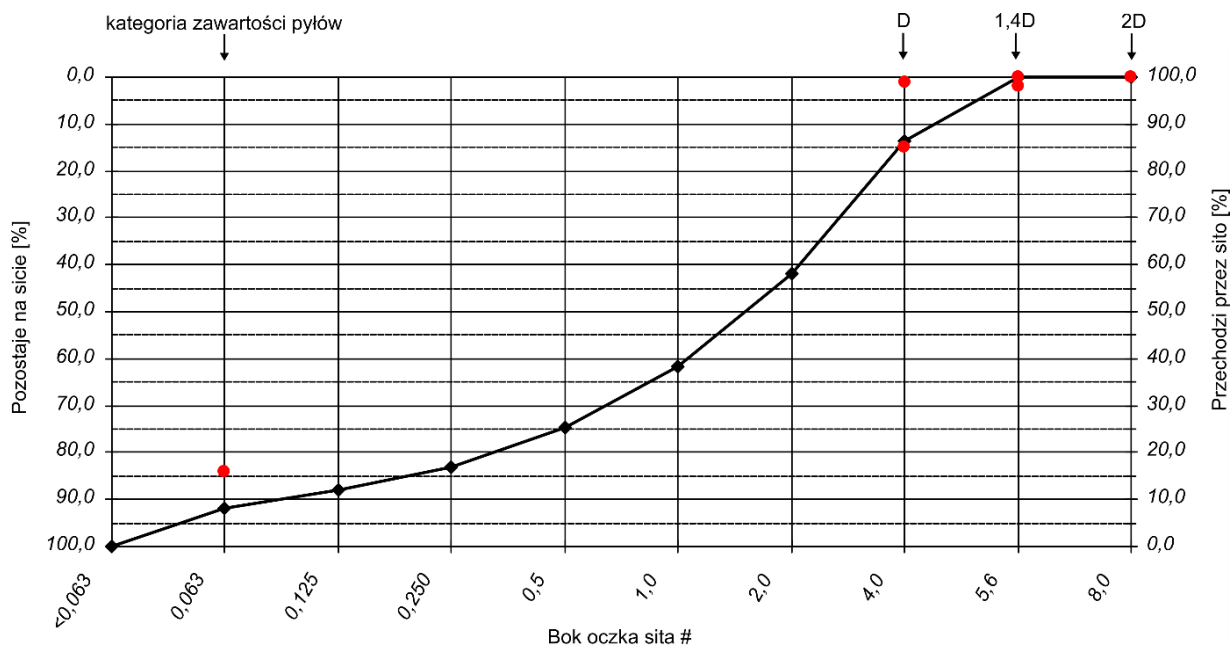
- wymiar kruszywa: $d/D = 0/4$ ($D = 4\text{mm}$; $d = 0\text{mm}$),
- sita kontrolne: $2D = 8\text{ mm}$; $1,4D = 5,6\text{ mm}$; $D = 4,0\text{mm}$; $D/2 = 2\text{ mm}$; $0,063\text{ mm}$.

Dla wymaganej kategorii mamy:

- sito $2D$ – powinno przejść 100%: przechodzi 100%
- sito $1,4D$ – powinno przejść od 98 do 100%: przechodzi 100%
- sito D – powinno przejść 85 do 99%: przechodzi 87%
- sito $0,063$ – powinno przejść nie więcej niż 16%: przechodzi 8,2% (wymaganie odnośnie kategorii zawartości pyłów)

Stąd wniosek, że kruszywo spełnia wymagania normowe.

Rysunek poniżej przedstawia graficzną interpretację tych wyników.



Rysunek 53. Graficzne przedstawienie wymagań dla kruszywa o ciągłym uziarnieniu

Pozostaje jeszcze kwestia tolerancji uziarnienia. Dotyczy ona uziarnienia deklarowanego przez producenta i jest stosowana dla kruszyw drobnych oraz kruszyw o ciągłym uziarnieniu dla górnego wymiaru sita $D \leq 8$ mm. Zatem nie wszystkie kruszywa ciągłe będą podlegały kontroli tolerancji uziarnienia. Wymagania odnośnie poszczególnych kategorii podane są w tabeli 33.

Tabela 33. Granice tolerancji uziarnienia dla kruszywa drobnego i o ciągłym uziarnieniu dla $D \leq 8$ mm

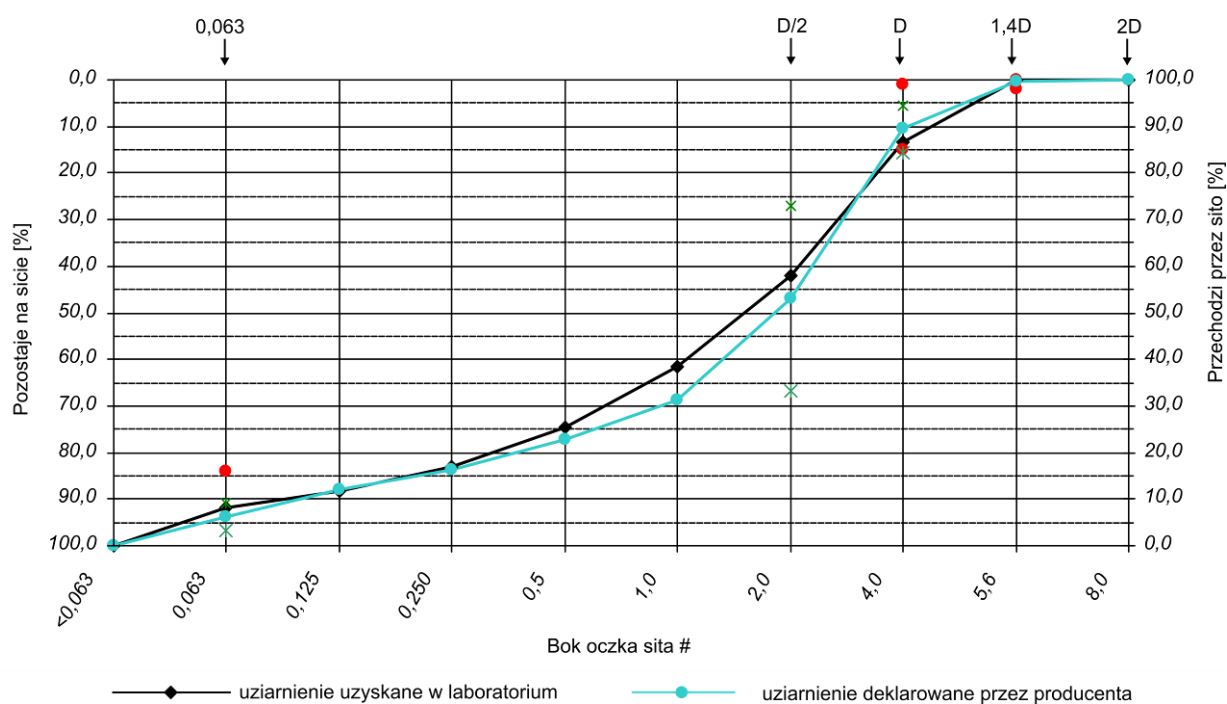
Wymiar sita mm	D	$D/2$	0,063	Kategoria G_{TC}
Tolerancje	$\pm 5^a$	± 10	$\pm 3^b$	$G_{TC} 10$
Procent przechodzącej masy	$\pm 5^a$	± 20	$\pm 3^b$	$G_{TC} 20$
	Brak wymagania	Brak wymagania	Brak wymagania	$G_{TC} NR$
^a Z wyjątkiem kategorii G_{A90} i G_{A85} , tolerancje ± 5 ograniczone są ponadto wymaganiami dla przesiewu, w procentach, przechodzącego przez D wg tablicy 2 (G_{A90} , G_{A85}).				
^b Z wyjątkiem kategorii f_3 (zawartość pyłów $\leq 3\%$).				

Dla rozpatrywanego kruszywa tolerancje określone są kategorią $G_{TC}20$. Podobnie jak dla kruszywa grubego znajdujemy rzędne uziarnienia na poszczególnych sitach i dodajemy lub odejmujemy odpowiednią wartość z tabeli. Poniższa tabela przedstawia obliczone punkty graniczne na poszczególnych sitach.

Tabela 34. Obliczone punkty graniczne dla analizowanego kruszywa

Wymiar sita # [mm]	Tolerancje	
	-	+
D (4,0mm)	85	95
D/2 (2,0 mm)	33	73
0,063	3,2	9,2

Porównując to z uziarnieniem kruszywa otrzymanym w laboratorium możemy stwierdzić, że kruszywo spełnia te wymagania. Na rysunku poniżej przedstawiono je w formie graficznej.



Rysunek 54. Graficzne przedstawienie pełnych wymagań dla kruszywa o ciągłym uziarnieniu.