



# Wydział Inżynierii Lądowej

POLITECHNIKA WARSZAWSKA

## MATERIAŁY BUDOWLANY

ĆWICZENIA LABORATORYJNE

# Badanie cech technicznych kruszywa do betonu lekkiego

Autorzy:

dr inż. Joanna Sokołowska

dr inż. Kamil Załęgowski

## Spis treści

1. Cel ćwiczenia .....	3
2. Podstawowe informacje.....	3
2.1. Definicje wg PN-EN 12620 oraz PN-EN 1097-3.....	3
2.2. Wprowadzenie .....	4
3. Oznaczenia do wykonania: .....	6
3.1. Badanie uziarnienia kruszywa do betonu lekkiego wg PN-EN 933-1 .....	6
3.1.1. Materiały i wyposażenie do użycia .....	6
3.1.2. Wykonanie oznaczenia .....	6
3.1.3. Ocena wyników badań uziarnienia kruszywa do betonu zwykłego .....	8
3.1.4. Opracowanie wyników badań uziarnienia kruszywa do betonu zwykłego .....	8
3.2. Badanie wskaźnika kształtu ziaren kruszywa grubego wg PN-EN 933-4 .....	9
3.2.1. Materiały i wyposażenie do użycia .....	9
3.2.2. Wykonanie badania wskaźnika kształtu ziaren kruszywa grubego.....	9
3.2.3. Ocena wyników badań uziarnienia kruszywa do betonu zwykłego .....	10
3.2.4. Opracowanie wyników badań uziarnienia kruszywa do betonu zwykłego .....	10
3.3. Badanie gęstości nasypowej w stanie luźnym kruszywa lekkiego wg PN-EN 1097-3.....	11
3.3.1. Materiały i wyposażenie do użycia .....	11
3.3.2. Wykonanie badania gęstości nasypowej kruszywa lekkiego .....	11
3.3.3. Ocena wyników badań gęstości nasypowej kruszywa lekkiego.....	12
3.3.4. Opracowanie wyników badań gęstości nasypowej kruszywa lekkiego .....	12
4. Sprawozdanie z ćwiczeni.....	13
5. Literatura .....	13

# 1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest poznanie rodzajów kruszyw do celów budowlanych oraz wykonanie badania uziarnienia i wskaźnika kształtu kruszywa do betonu zwykłego.

## 2. Podstawowe informacje

### 2.1. Definicje wg PN-EN 12620 oraz PN-EN 1097-3

**Kruszywo** – ziarnisty materiał stosowany w budownictwie; kruszywo może być naturalne, sztuczne lub z recyklingu

**Kruszywo naturalne** – kruszywo pochodzenia mineralnego, które poza obróbką mechaniczną nie zostało poddane żadnej innej obróbce

**Kruszywo o uziarnieniu ciągłym** – kruszywo będące mieszaniną kruszyw grubych i drobnych

**Kruszywo sztuczne** – kruszywo pochodzenia mineralnego, uzyskane w wyniku procesu przemysłowego obejmującego termiczną lub inną modyfikację

**Kruszywo z recyklingu** – kruszywo powstałe w wyniku przeróbki nieorganicznego materiału zastosowanego uprzednio w budownictwie

**Kruszywo wypełniające** – kruszywo, którego większość przechodzi przez sito 0,063 mm, które może być dodawane do materiałów budowlanych w celu uzyskania pewnych właściwości

**Wymiar kruszywa** – oznaczenie kruszywa przez określenie dolnego ( $d$ ) i górnego ( $D$ ) wymiaru sita, wyrażone jako  $d/D$

**Kruszywo drobne** – określenie drobniejszego kruszywa, o wymiarach ziaren  $D$  równych 4 lub mniejszych

**Kruszywo grube** – oznaczenie kruszywa grubszego, o wymiarach ziaren  $D$  równych 4 mm lub większych oraz  $d$  równych 2 mm lub większych

**Kruszywo naturalne 0/8 mm** – określenie kruszywa naturalnego pochodzenia lodowcowego i/lub rzeczno-jeziernego, mającego  $D$  równe 8 mm lub mniejsze

**Pyły** – frakcja kruszywa o wymiarach ziaren przechodzących przez sito 0,063 mm

**Kategoria kruszywa** – poziom własności kruszywa wyrażony jako przedział wartości lub wartość graniczna

**Uziarnienie kruszywa** – rozkład wymiarów ziaren, wyrażony jako procent masy przechodzącej przez określony zestaw sit.

**Gęstość nasypowa w stanie luźnym** – iloraz niezagęszczonej masy suchego kruszywa wypełniającego określony pojemnik do objętości tego pojemnika

## 2.2. Wprowadzenie

Kruszywa do celów budowlanych można sklasyfikować według: pochodzenia, gęstości ziaren i zastosowania. W zależności od pochodzenia wyróżnia się kruszywo:

- Naturalne – ze złóż naturalnych pochodzenia mineralnego, poddawane jedynie obróbce mechanicznej; jest uzyskiwane z mineralnych surowców naturalnych, które występują w przyrodzie, w szczególności takich jak: żwir, piasek, żwir kruszony, kruszywo łamane ze skał, kruszywo z nadziarna i otoczków,
- Sztuczne – na ogół są to kruszywa lekkie, mineralne uzyskiwane w wyniku procesu przemysłowego obejmującego obróbkę termiczną lub inną modyfikację; przykładem jest keramzyt, glinoporyt czy pollytag,
- Z recyklingu – powstałe w wyniku przeróbki materiału zastosowanego uprzednio w budownictwie np. z żelbetu, betonu; surowce do ich produkcji pozyskuje się z wyburzania,
- Mieszanki kruszyw.

W zależności od gęstości ziaren wyróżnia się kruszywa:

- Ciężkie – gęstość ziaren w stanie suchym równa lub większa niż  $3000 \text{ kg/m}^3$ ,
- Zwykłe – gęstość ziaren w stanie suchym większa niż  $2000 \text{ kg/m}^3$  i mniejsza niż  $3000 \text{ kg/m}^3$ ,
- Lekkie – gęstość ziaren w stanie suchym równa lub mniejsza niż  $2000 \text{ kg/m}^3$  lub gęstości nasypowej w stanie luźnym suchym równej lub mniejszej niż  $1200 \text{ kg/m}^3$ .

Według normy PN-EN 12620 wymiary kruszyw do celów budowlanych są określane wymiarami dolnego ( $d$ ) i górnego ( $D$ ) sita i wyrażane jako  $d/D$ . Oznaczenie to dopuszcza obecność pewnej ilości ziaren, które pozostają na górnym sicie (nadziarno) i pewnej ilości ziaren, które mogą przejść przez dolne sito. W zależności od wymiarów ziaren rozróżnia się kruszywo:

- drobne – o wielkości ziaren do 4 mm ( $D \leq 4 \text{ mm}$  i  $d = 0 \text{ mm}$ ),
- grube – o wielkości ziaren od 4 do 63 mm ( $D \geq 4$  i  $d \geq 2 \text{ mm}$ ),
- wypełniające – jego większość przechodzi przez sito 0,063 mm; może być dodawane do materiałów budowlanych w celu uzyskania odpowiednich właściwości.

Kruszywa do celów budowlanych w zależności od wartości właściwości są dzielone na kategorie, określane jako poziom właściwości kruszywa wyrażony przez zakres jej wartości lub jej wartość graniczną, przy czym nie ma zależności między kategoriami określonymi dla różnych właściwości. Podział kruszyw na kategorie wskazuje na ich zróżnicowaną jakość i jest wskaźnikiem możliwości jego zastosowania. Wyróżnia się kategorie kruszyw między innymi ze względu na: uziarnienie (tab.1), wartość wskaźnika płaskości, wartość wskaźnika kształtu (tab.2), zawartość muszli w kruszywie grubym, zawartość pyłów, wartość współczynnika Los Angeles, odporności na uderzenie, odporność na ścieranie, odporność na polerowanie, mrozoodporność czy wymagania chemiczne.

Tab.1. Podstawowe wymagania dotyczące uziarnienia kruszywa wg PN-EN 12620

Kruszywo	Wymiar	Procent przechodzącej masy					Kategoria G
		2 D	1,4 D	D	d	d/2	
Grube	$D/d \leq 2$ lub $D \leq 11,2$ mm	100	od 98 do 100	od 85 do 99 od 80 do 99	od 0 do 20	od 0 do 5	$G_{C85/20}$ $G_{C80/20}$
	$D/d > 2$ mm lub $D > 11,2$	100	od 98 do 100	od 90 do 99	od 0 do 15	od 0 do 5	$G_{C90/15}$
Drobne	$D \leq 4$ mm i $d = 0$ mm	100	od 95 do 100	od 85 do 99	-	-	$G_{F85}$
Naturalne 0/8	$D = 8$ mm i $d = 0$ mm	100	od 98 do 100	od 90 do 99	-	-	$G_{NG90}$
O ciągłym uziarnieniu	$D \leq 45$ mm i $d = 0$	100	od 98 do 100	od 90 do 99	-	-	$G_{A90}$
				od 85 do 99			$G_{A85}$

Tab.2. Kategorie maksymalnych wartości wskaźnika kształtu

Wskaźnik kształtu	Kategoria SI
$\leq 15$	$SI_{15}$
$\leq 20$	$SI_{20}$
$\leq 40$	$SI_{40}$
$\leq 55$	$SI_{55}$
$> 55$	$SI_{Deklarowana}$
Brak wymagania	$SI_{NR}$

### 3. Oznaczenia do wykonania:

#### 3.1. Badanie uziarnienia kruszywa do betonu lekkiego wg PN-EN 933-1

##### 3.1.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- Zestaw sit badawczych
- Denko i pokrywa dopasowane do sit
- Urządzenie do przesiewania
- Tace i szczotki
- Waga analityczna
- Czerpaki odpowiedniej wielkości
- Mieszanka kruszywo naturalnego zwykłego

##### 3.1.2. Wykonanie oznaczenia

Badanie polega na rozdzieleniu mieszanki kruszywa za pomocą zestawu sit na kilka frakcji wymiarowych klasyfikowanych wg zmniejszających się rozmiarów. Wymiary otworów i liczbę sit dobiera się w zależności od rodzaju próbki i wymaganej dokładności

Masa próbki analitycznej kruszyw o gęstości objętościowej między  $2000 \text{ kg/m}^3$  i  $3000 \text{ kg/m}^3$  powinna być zgodna z wymaganiami podanymi w tab.3.

Tab.3. Masa próbek analitycznych kruszywa do badań uziarnienia

Wymiar ziaren kruszywa $D$ [mm] (maksimum)	Masa próbki analitycznej [kg] (minimum)
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
$\leq 4$	0,2

**UWAGA 1:** W przypadku innych wymiarów ziaren minimalna masa próbki analitycznej może być interpolowana z mas podanych w tab.1

**UWAGA 2:** Jeżeli masa próbki analitycznej nie jest zgodna z tab.3, a uziarnienie nie odpowiada normie PN-EN 933-1, należy podać to w sprawozdaniu z badań

**UWAGA 3:** W przypadku kruszyw o gęstości objętościowej ziaren mniejszej niż  $2000 \text{ kg/m}^3$  lub większej niż  $3000 \text{ kg/m}^3$  należy przeprowadzić odpowiednią korektę masy próbki analitycznej podanej w tab.3 na podstawie stosunku gęstości, w celu przygotowania próbki analitycznej w przybliżeniu o takiej samej objętości jak kruszyw zwykłych.

Zmniejszenie próbki powinno zapewnić uzyskanie masy próbki analitycznej większej niż minimalna, lecz nie o dokładnie z góry określonej wielkości.

Próbkę analityczną kruszywa należy wysuszyć do stałej masy przez ogrzewanie w temperaturze  $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ , a następnie ostudzić i zważyć, a masę zapisać jako  $M_1$ .

W przypadku niektórych kruszyw suszenie w temperaturze  $110^{\circ}\text{C}$  może spowodować silne związanie ziaren, które ograniczy ich rozdział w czasie późniejszego przemywania i/albo przesiewania. Dla takich kruszyw należy zastosować procedurę opisaną w załączniku B normy PN-EN 933-1.

Wsypać suchą próbkę na zestaw sit, składający się z kilku sit ułożonych od góry do dołu według malejących wymiarów, oraz denka i wymiarów. Zestaw sit wstrząsać mechanicznie lub ręcznie, a następnie, dla upewnienia się, czy cały materiał został przesiany, zdejmować sita jedno po drugim i wstrząsać ręcznie każdym, zaczynając od sita z największymi otworami (unikając utraty materiału!). Przenieść cały materiał, który przeszedł przez dane sito na następne sito zestawu i kontynuować przesiewanie.

Proces przesiewania można uznać za zakończony, gdy masa zatrzymanego materiału nie zmienia się więcej niż o 1,0% po 1 min przesiewania.

Dla uniknięcia przesypania sit, frakcja pozostająca na każdym sicie po zakończeniu przesiewania wyrażona w gramach, nie powinna przekraczać:

$$\frac{A * \sqrt{d}}{200}$$

gdzie:  $A$  – powierzchnia sita w  $\text{mm}^2$ ,  $d$  – wymiar wielkości otworu sita w mm.

Jeżeli jakaś frakcja przekracza tę wielkość, należy zastosować jedną z następujących procedur:

- a) Podzielić frakcje na mniejsze porcje niż wynosi maksimum i kolejno je przesiewać
- b) Podzielić przy pomocy podzielnika próbki lub kwartowania porcje próbki przechodzącej przez następne największe sito i kontynuować analizę sitową na zredukowanej próbce analitycznej, uwzględniając w późniejszych obliczeniach wyników poprawkę wynikającą ze zmniejszenia próbki.

Zważyć materiał pozostający na sicie o największych wymiarze otworów i zapisać jego masę jako  $R_1$ . Powtórzyć tę samą operację dla każdego z sit położonych niżej, a masy na nich pozostające zapisać jako  $R_2, R_3 \dots R_n$ . Zważyć materiał pozostały na denku I zapisać jego masę jako  $P$ . Zapisać wszystkie masy w arkuszu danych badania – przykładowy arkusz wyników przedstawiono w tab.4.

### 3.1.3. Ocena wyników badań uziarnienia kruszywa do betonu zwykłego

Obliczyć, masy pozostające na każdym sicie w procentach w stosunku do suchej masy próbki  $M_1$ .

Obliczyć łączną procentową zawartość wyjściową suchej masy kruszywa przechodzącej przez każde sito. Uzyskane wyniki badań uziarnienia kruszywa porównać z wymaganiami odnośnie uziarnienia dla odpowiedniej kategorii kruszywa (por. tab.1).

### 3.1.4. Opracowanie wyników badań uziarnienia kruszywa do betonu zwykłego

Wyniki należy przedstawić w postaci tabeli w arkuszu wyników badania (tab.4).

Tab.4. Wyniki badań uziarnienia kruszywa do betonu zwykłego wg PN-EN 933-1

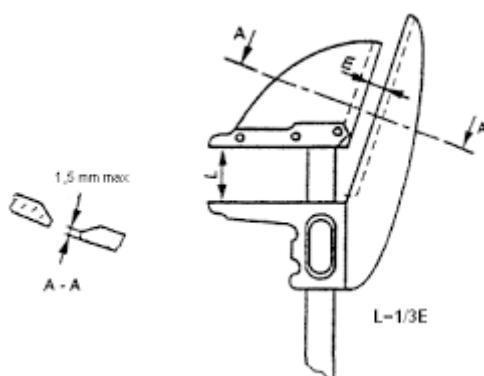
Metoda	Przesiewanie na sucho	
Rodzaj kruszywa		
Kategoria kruszywa		
Masa próbki $M_1$ [g]		
Wymiar otworów sita [mm]	Masa materiału pozostającego na danym sicie [g] $R_i$	Procent materiału pozostającego na danym sicie [%] $R_i / M_1 * 100$
16	$R_1 =$	$A_1 =$
8	$R_2 =$	$A_2 =$
4	$R_3 =$	$A_3 =$
2	$R_4 =$	$A_4 =$
1	$R_5 =$	$A_5 =$
0,5	$R_6 =$	$A_6 =$
0,25	$R_7 =$	$A_7 =$
0,125	$R_8 =$	$A_8 =$
Materiał na denku	$P =$	$A_9 =$
Nadziarno [%]		
Podziarno [%]		



## 3.2. Badanie wskaźnika kształtu ziaren kruszywa grubego wg PN-EN 933-4

### 3.2.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- Suwmiarka Schultza (rys.1)
- Waga analityczna
- Miski
- Czerpaki odpowiedniej wielkości
- Kruszywo naturalne frakcji 8/16 mm lub 16/32 mm



Rys.1. Suwmiarka Schulza do pomiaru liniowego

### 3.2.2. Wykonanie badania wskaźnika kształtu ziaren kruszywa grubego

Masa próbki analitycznej kruszywa o gęstości objętościowej między  $2000 \text{ kg/m}^3$  i  $3000 \text{ kg/m}^3$  do badania wskaźnika kształtu ziaren powinna być zgodna z wymaganiami podanymi w tab.5.

Tab.5. Masa próbek analitycznych kruszywa do badań wskaźnika kształtu

Wymiar ziaren kruszywa $D$ [mm] (maksimum)	Masa próbki analitycznej [kg] (minimum)
63	45
32	6
16	1
8	0,1

**UWAGA 1:** Dla innych górnych wymiarów kruszywa  $D$ , właściwe masy próbek analitycznych można interpolować z mas podanych w tab.5.

**UWAGA 2:** W przypadku kruszyw o gęstości objętościowej ziaren mniejszej niż  $2000 \text{ kg/m}^3$  lub większej niż  $3000 \text{ kg/m}^3$  należy przeprowadzić odpowiednią korektę masy próbki analitycznej podanej w tab.5. na podstawie stosunku gęstości, w celu przygotowania próbki analitycznej w przybliżeniu o takiej samej objętości jak kruszyw zwykłych.

Zmniejszenie próbki powinno zapewnić uzyskanie masy próbki analitycznej większej niż minimalna, lecz nie o dokładnie z góry określonej wielkości.

Badanie powinno być przeprowadzone na każdej frakcji o wymiarze ziaren  $d/D$ , gdzie  $D \leq 2d$ . Natomiast próbki analityczne z próbek, dla których  $D > 2d$  powinny być podzielone na frakcje o wymiarze ziaren  $d/D$ , gdzie  $D \leq 2d$  podczas kolejnej procedury badawczej.

Oddzielić z próbki analitycznej dominującą frakcję o wymiarze ziaren  $d/D$ , gdzie  $D \leq 2d$ , przesiewając zgodnie z PN-EN 933-1. Odrzucić wszystkie ziarna mniejsze niż  $d$  lub większe niż  $D$ . Zanotować masę dominującej frakcji o wymiarach ziaren  $d/D$  jako  $M_1$ . Ocenic długość  $L$  i grubość  $E$  każdego ziarna, używając przyrządu do pomiaru liniowego, tam gdzie to konieczne. Odsunąć na bok te ziarna, których stosunek wymiarów  $L/E > 3$ . Ziarna te są klasyfikowane jako nieforemne. Ilość ziaren wymagających indywidualnej klasyfikacji z użyciem przyrządu do pomiaru liniowego można zmniejszyć, oddzielając wstępnie ziarna o stosunku  $L/E$  znacznie różniącym się od 3. Zważyć ziarna nieforemne i zapisać ich masę jako  $M_2$ .

### 3.2.3. Ocena wyników badań uziarnienia kruszywa do betonu zwykłego

Należy obliczyć wskaźnik kształtu  $SI$  zgodnie z następującym wzorem:

$$SI = \frac{M_2}{M_1} * 100$$

gdzie:  $M_1$  – masa próbki analitycznej [g],  $M_2$  – masa ziaren nieforemnych [g].

Zapisać wskaźnik kształtu ziaren zaokrąglając do liczby całkowitej.

Oznaczony wskaźnik kształtu o należy deklorować zgodnie z odpowiednią kategorią określoną w tab.2, właściwą dla danego zastosowania.

### 3.2.4. Opracowanie wyników badań uziarnienia kruszywa do betonu zwykłego

Wyniki należy przedstawić w tabeli (tab.6).

Tab.6. Przykładowa tabela z wynikami badań wskaźnika kształtu

<b>Frakcja wymiarowa próbki badawczej</b>	
<b>Masa próbki analitycznej <math>M_1</math></b>	
<b>Masa ziaren nieforemnych <math>M_2</math></b>	
<b>Wskaźnik kształtu <math>SI</math></b>	
<b>Kategoria maksymalnej wartości wskaźnika kształtu</b>	

### 3.3. Badanie gęstości nasypowej w stanie luźnym kruszywa lekkiego wg PN-EN 1097-3

#### 3.3.1. Materiały i wyposażenie do użycia

- Pojemnik cylindryczny o pojemności zgodnej z tab.7.
- Waga laboratoryjna
- Czerpaki odpowiedniej wielkości
- Zgarniak o długości większej co najmniej 50 mm od średnicy zewnętrznej pojemnika
- Kruszywo lekkie

Tab.7. Minimalna pojemność pojemnika do badań gęstości nasypowej w stanie luźnym w zależności od wymiarów kruszywa

Górny wymiar kruszywa $D$ [mm]	Pojemność [dm <sup>3</sup> ]
$\leq 4$	1,0
$\leq 16$	5,0
$\leq 32$	10,0
$\leq 63$	20,0

#### 3.3.2. Wykonanie badania gęstości nasypowej kruszywa lekkiego

Oznaczenie polega na zbadaniu ilorazu niezagęszczonej masy suchego kruszywa wypełniającego określony pojemnik do objętości tego pojemnika.

Suchą masę kruszyw wypełniających określony pojemnik oznacza się przez ważenie i oblicza się odpowiadającą jej gęstość nasypową w stanie luźnym.

Należy przygotować trzy próbki do badania. Kruszywo należy wysuszyć w temperaturze  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  do stałej masy. Masa każdej próbki powinna stanowić od 120% do 150% masy potrzebnej do napełnienia pojemnika. W przypadku kruszyw lekkich, próbki do badania po wysuszeniu w temperaturze  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  pozostawić do uzyskania stanu równowagi wilgotnościowej w temperaturze  $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  i wilgotności względnej  $(50 \pm 5)\%$ .

Zważyć pusty, suchy i czysty pojemnik (masa  $m_1$ ), postawić na poziomej powierzchni i napełniać go kruszywem za pomocą czerpaka aż do przesypania. Podczas napełniania pojemnika zminimalizować segregację ziaren przez oparcie czerpaka na górnej krawędzi. W żadnym przypadku krawędź czerpaka nie powinna znaleźć się wyżej niż 50 mm od brzegu pojemnika.

Ostrożnie usunąć nadmiar kruszywa znajdujący się nad wierzchem pojemnika, upewniając się, czy powierzchnia jest równa. Wyrównać powierzchnię przy użyciu zgarniaka, uważając, aby nie ugnieść powierzchni.

Zważyć napełniony pojemnik i zapisać jego masę z dokładnością do 0,1% (masa  $m_2$ ). Oznaczenie należy wykonać dla trzech próbek.

Gęstość nasypową w stanie luźnym  $\rho_{nl}$  obliczyć dla każdej próbki według wzoru:

$$\rho_{nl} = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

gdzie:  $\rho_{nl}$  – gęstość nasypowa w stanie luźnym [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ],  $m_2$  – masa pojemnika i próbki [ $\text{kg}$ ],  $m_1$  – masa pustego pojemnika [ $\text{kg}$ ],  $V$  pojemność pojemnika [ $\text{dm}^3$ ]

Gęstość nasypową w stanie luźnym podać jako średnią arytmetyczną z trzech wartości zaokrąglonych do drugiego miejsca po przecinku w przypadku kruszyw zwykłych i trzeciego – w przypadku kruszyw lekkich.

### 3.3.3. Ocena wyników badań gęstości nasypowej kruszywa lekkiego

W normach przedmiotowych brak jest wymagań odnośnie gęstości nasypowej kruszyw w stanie luźnym.

### 3.3.4. Opracowanie wyników badań gęstości nasypowej kruszywa lekkiego

Wyniki należy przedstawić w tabeli (tab.8).

Tab.8. Przykładowy protokół z badań gęstości nasypowej w stanie luźnym

	Materiał 1	Materiał 2
Rodzaj kruszywa		
Kategoria kruszywa		
Pojemność pojemnika $V$ [ $\text{dm}^3$ ]		
Masa pojemnika $m_1$ [ $\text{kg}$ ]		
Masa pojemnika i próbki $m_2$ [ $\text{kg}$ ]		
Gęstość nasypowa w stanie luźnym $\rho_{nl}$ [ $\text{kg}/\text{dm}^3$ ]		

## 4. Sprawozdanie z ćwiczeni

Sprawozdanie powinno zawierać następujące punkty:

- I. Przedmiot badań  
(podstawowe informacje o badanym kruszywie lekkim)
- II. Wyniki badań  
(pozyskane na zajęciach laboratoryjnych wyniki oznaczeń przedstawione w tabelach i opracowane we wskazany sposób)
- III. Wnioski  
(wypunktowane stwierdzenia sformułowane na podstawie uzyskanych wyników)
- IV. Literatura  
(literatura wykorzystana do przygotowania sprawozdania)

## 5. Literatura

- Gantner E., Chojczak W., Materiały budowlane. Spoiwa, kruszywa, zaprawy. Ćwiczenia laboratoryjne, OWPW, 2013
- Osiecka E., Materiały budowlane. Właściwości techniczne i zdrowotne, OWPW, Warszawa 2002
- Osiecka E., Materiały Budowlane. Spoiwa mineralne, kruszywa, OWPW, Warszawa 2005
- Gantner E. i in., Materiały budowlane z technologią betonu. Ćwiczenia laboratoryjne, OWPW, Warszawa 2000
- Stefańczyk B. i in., Budownictwo ogólne t.1. Materiały i wyroby budowlane, Wyd. Arkady Warszawa 2007
- Szymański E., Materiałoznawstwo budowlane z technologią betonu. T.1, OWPW, Warszawa 2003.