

Fizyczne właściwości materiałów biologicznych

Cechy geometryczne, gęstość,
porowatość

TRiL 1 rok

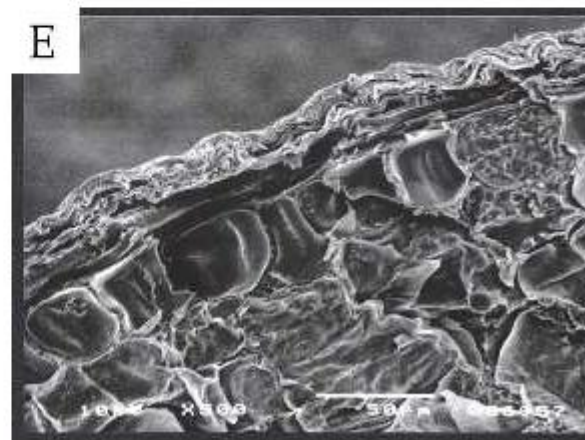
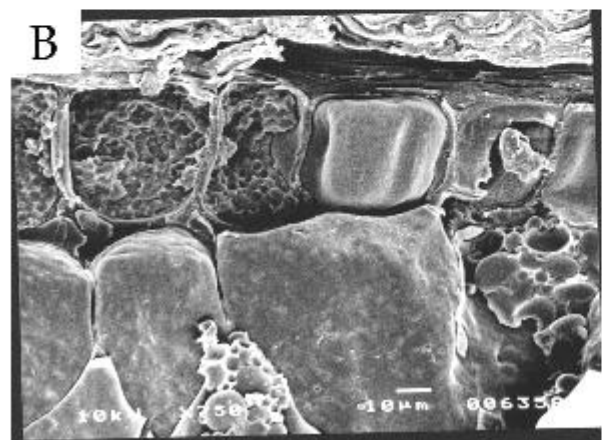
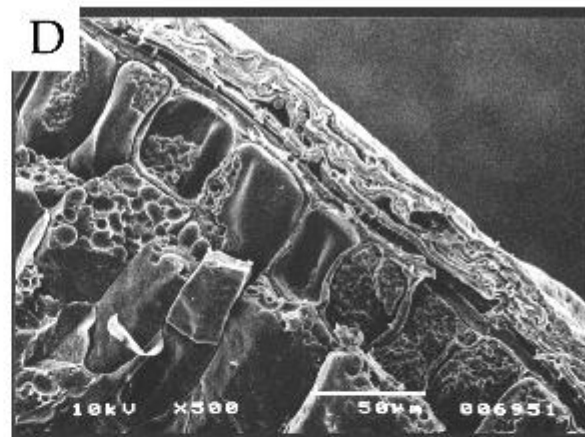
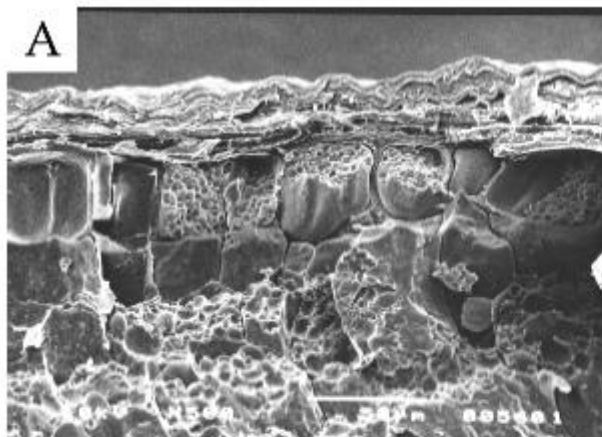
Marek Markowski
Katedra Inżynierii Systemów,
UWM w Olsztynie

Fizyczne właściwości materiałów biologicznych

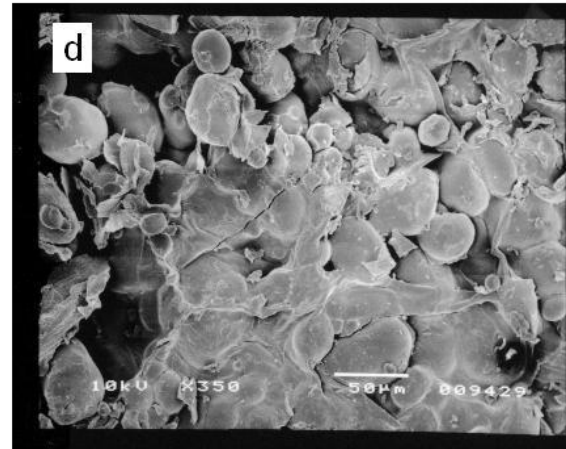
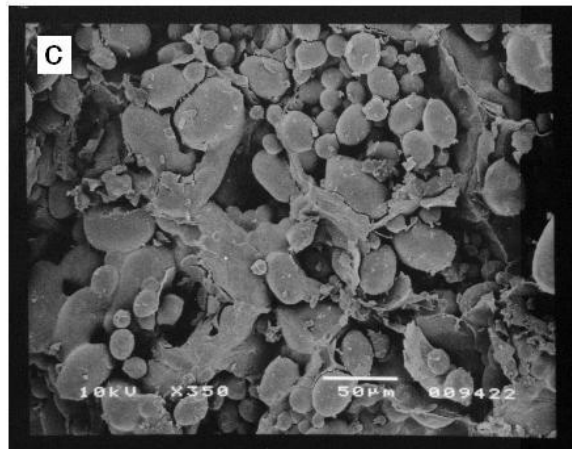
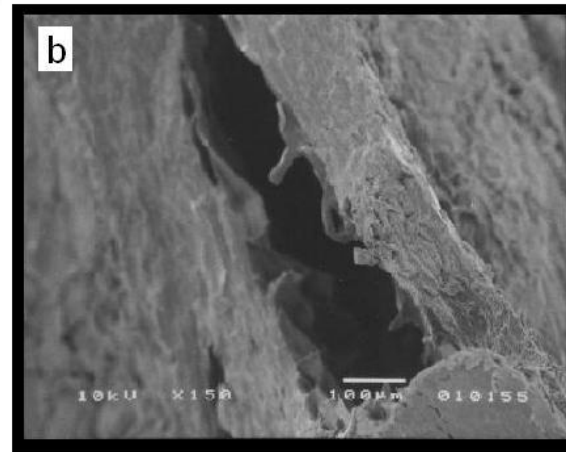
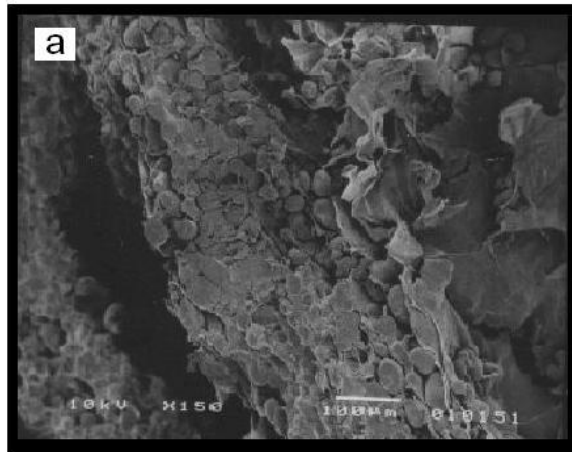
Wszystkie właściwości materiałów biologicznych zależą od:

- Mikrostruktury materiału
 - Wilgotności materiału
 - Temperatury materiału

Mikrostruktura materiału biologicznego

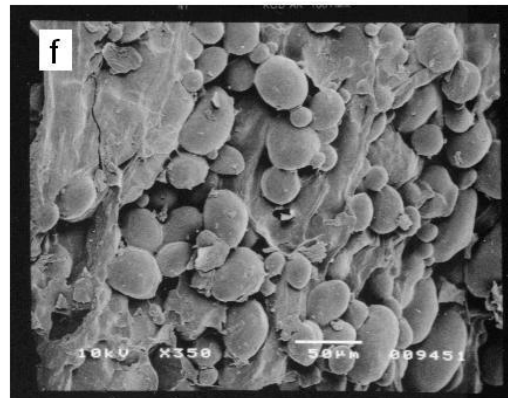
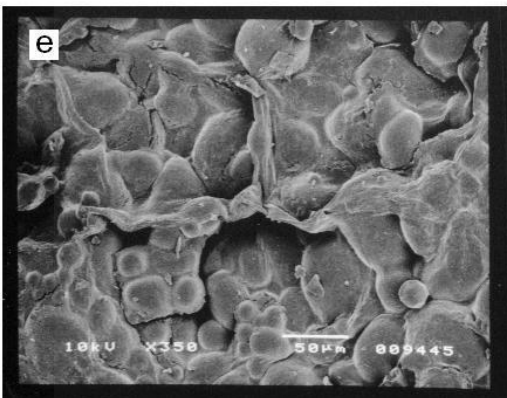
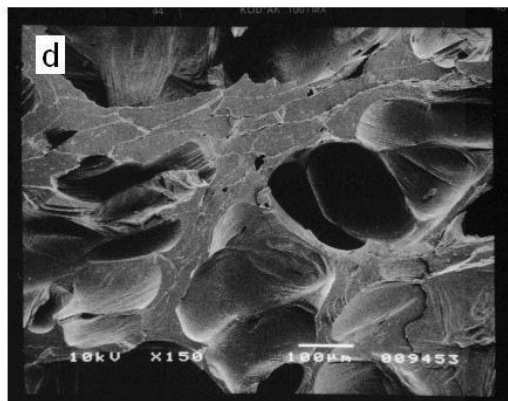
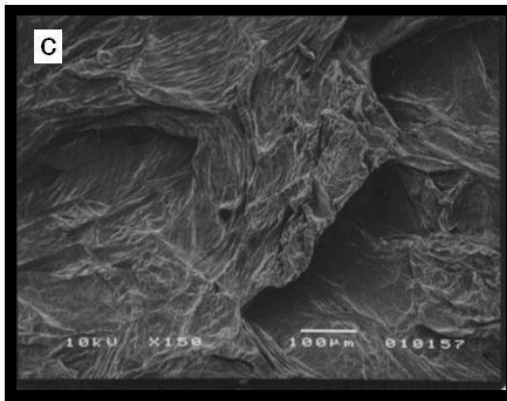
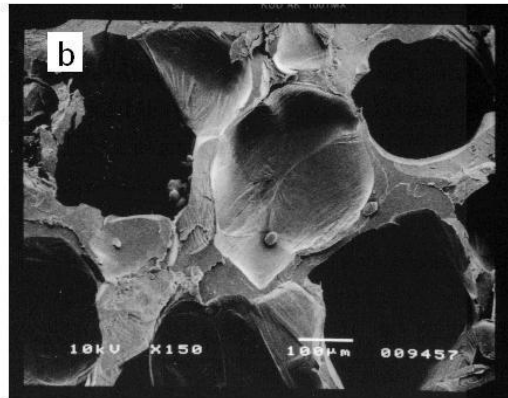
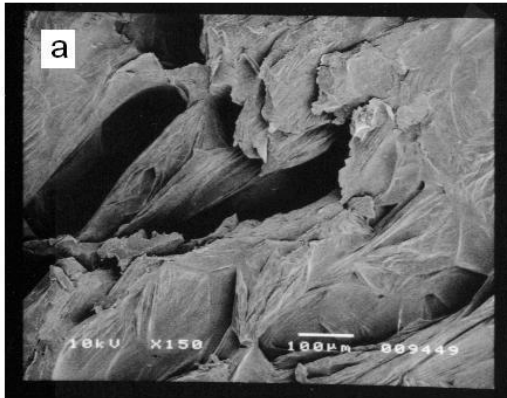


Mikrostruktura materiału biologicznego



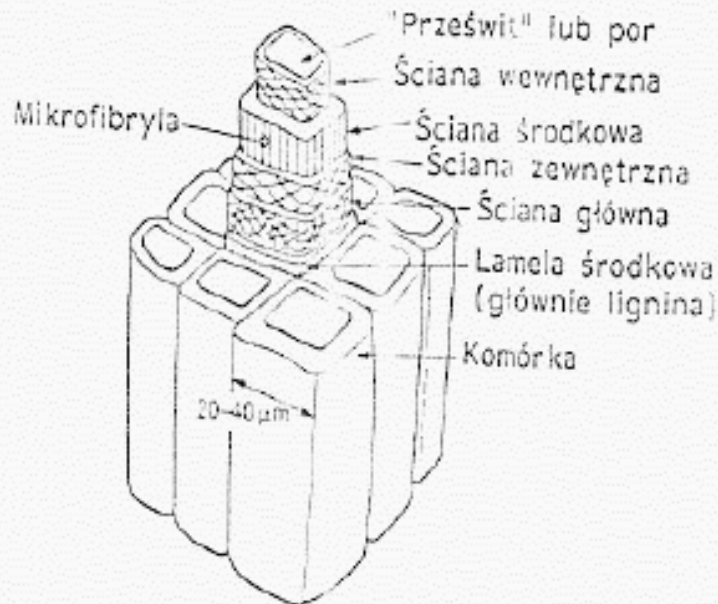
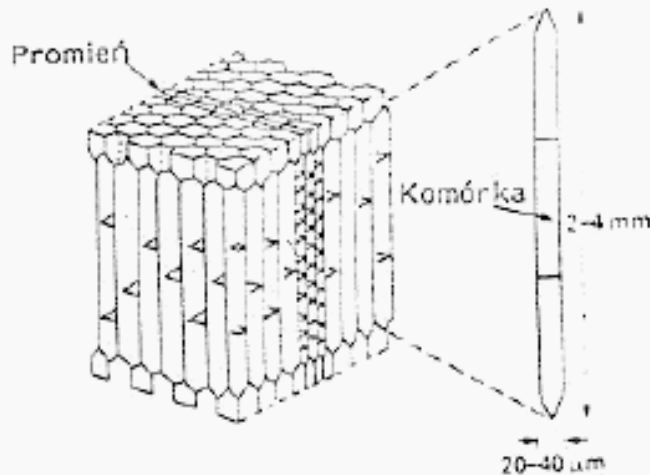
Ziemniak suszony konwekcyjnie
(Drying Technology, 27: 296–305, 2009)

Mikrostruktura materiału biologicznego



Ziemniak suszony
mikrofalami,
 $p = 8 \text{ kPa}$
(Drying Technology,
27: 296–305, 2009)

Mikrostruktura materiału biologicznego



Drewno

(http://mif.duo.nets.trefa.pl/seminarium_files/dik4-ost.pdf)

na dzień
11.10.2010)

Zawartość wody (u), wilgotność (w)

Wszystkie właściwości zależą od wilgotności i temperatury

$$u = \frac{W}{M_s} \quad \text{zawartość wody (kg H}_2\text{O/kg s.s.)}$$

$$w = 100 \frac{W}{M_s + W} \quad \text{wilgotność (\%)}$$

$$w = 100 \frac{u}{1 + u} \quad u = \frac{w}{100 - w}$$

W – masa wody; M_s – masa suchej substancji

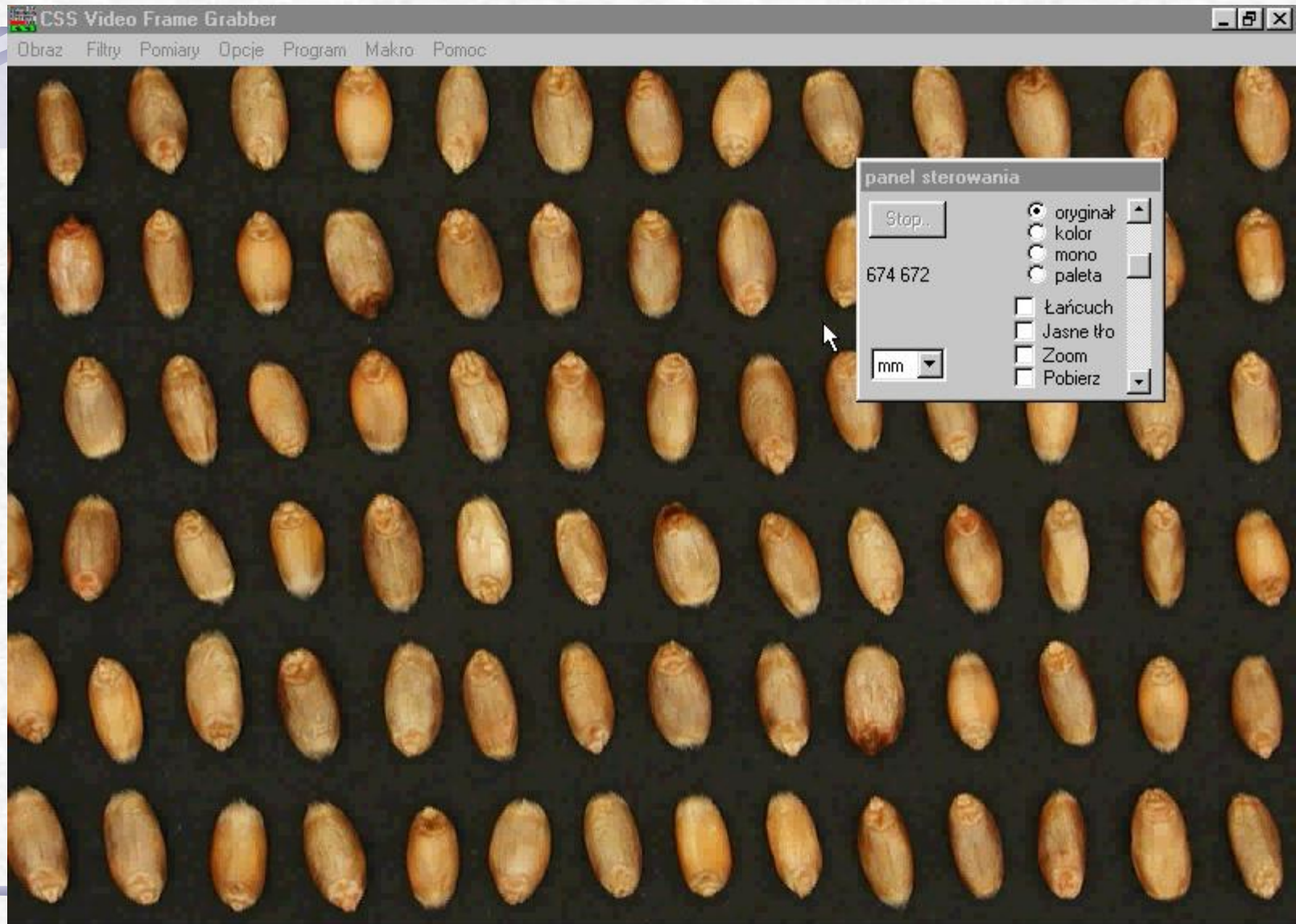
Cechy geometryczne

Metody komputerowej analizy obrazu

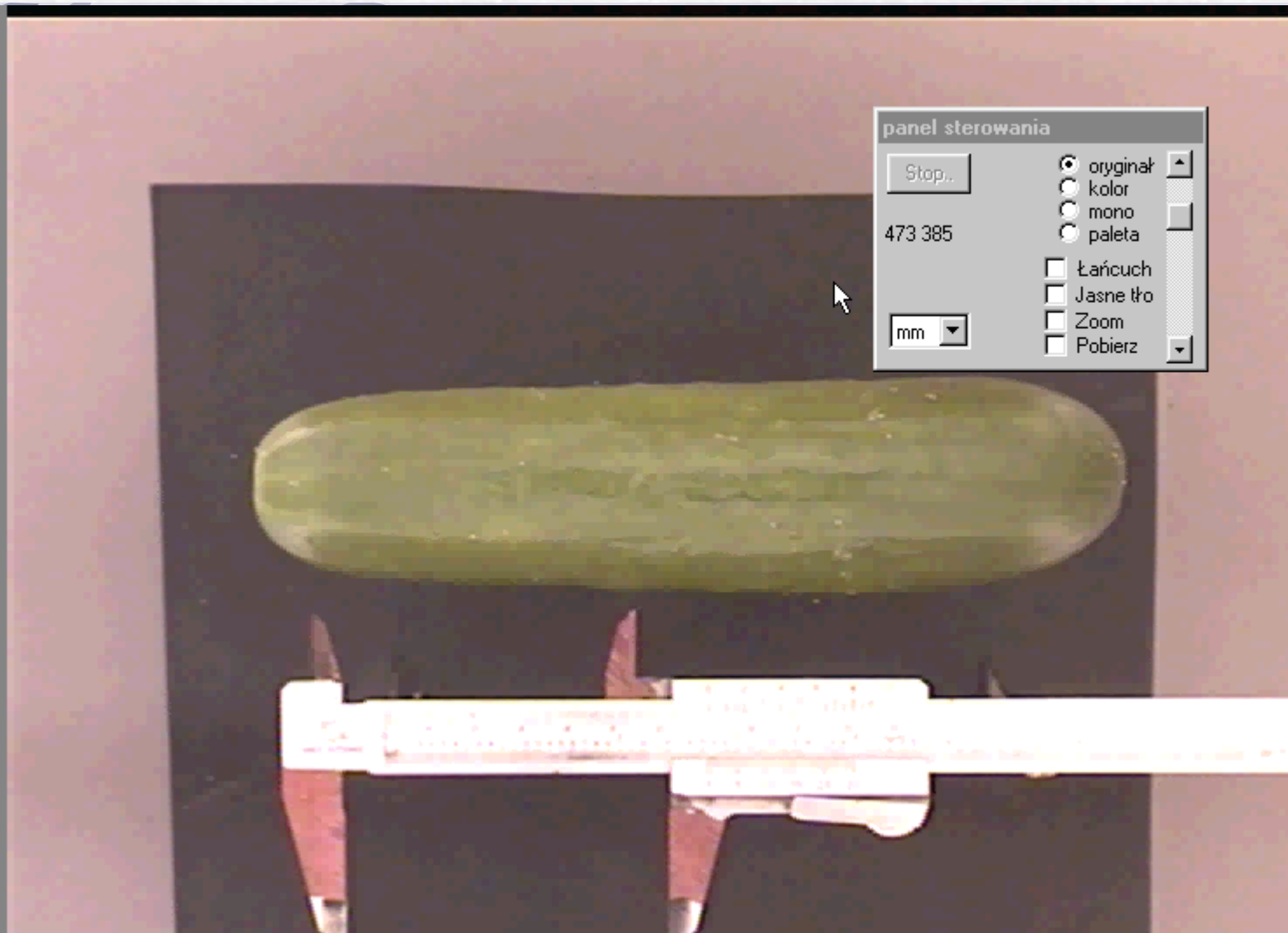
Przyrządy
pomiarowe:

- Aparat cyfrowy i/lub Skanner
- Oprogramowanie (np. Mazda)

Cechy geometryczne



Cechy geometryczne – wymiary liniowe



Wymiary liniowe, kształt

Wysokość

Szerokość

Głębokość

Pole rzutu
pionowego

Średnica zastępcza pojedynczego obiektu

$$d_e = \left(\frac{6V}{\pi n} \right)^{1/3} = \left(\frac{6m}{\pi \rho n} \right)^{1/3}$$

Współczynnik sferyczności

$$S = \frac{(abc)^{1/3}}{a} \quad a > b > c$$

Wymiary liniowe, kształt

Tabela 3.4

Przedziały zmienności liniowych wymiarów niektórych nasion w mm — wg [29]

Nasiona	Grubość	Szerokość	Długość
Pszenica	1,4–3,8	1,6–4,0	4,2–8,6
Żyto	0,4–0,8	0,6–1,0	2,5–3,5
Jęczmień	1,5–4,5	2,0–5,0	7,0–15,0
Owies	1,2–4,0	1,4–4,0	8,0–18,5
Proso	1,1–2,2	1,2–3,0	1,8–3,2
Groch	2,0–10,0	3,0–10,0	4,5–10,0
Fasola	2,5–10,0	4,5–11,0	7,0–18,5
Wyka	2,0–5,5	3,2–6,5	3,2–7,5
Koniczyna czerwona	0,6–1,4	1,0–2,0	1,2–2,7
Koniczyna biała	0,4–1,1	0,8–1,4	0,8–1,8
Kukurydza*	4,4–5,4	8,7–10,6	9,8–12,1

* Według W. Mühlbauera [75] oraz S. Pabisa i S. M. Hendersona [106, 107].

Wymiary liniowe, kształt

Tabela 3.5

Wybrane właściwości geometryczne niektórych ziaren [7]

Nazwa ziarna	Średnie wartości jednego ziarna			Średnio w 1 kg ziaren				Sumaryczna powierzchnia ziarna w warstwie o pow. 1 m ² i grubości 1 cm, m ²
	średnica zastępcza mm	powierzchnia, mm ²	masa, mg	liczba ziaren	powierzchnia ziaren, dm ²	objętość ziaren, dm ³	stosunek pow. do objętości ziarna	
Mak	0,99	3,11	5,54	185 200	570	0,877	650	37,8
Len	1,90	11,34	4,08	245 000	278	0,946	294	17,2
Pszenica	3,48	38,04	29,00	34 500	131	0,758	173	10,2
Kukurydza	7,37	170,64	263,00	3 800	65	0,798	81	5,2
Kukurydza Inra 258	7,28	166	280	3 597	60			
Kukurydza Velox	7,14	160	243	3 731	60			

Wymiary liniowe, kształt

Tabela 3.6

Powierzchnie i objętości właściwe oraz ich stosunki dla wybranych ziarn

Nazwa ziarna	d_e mm	A mm ²	V mm ³	$\frac{A}{V}$
Mak	0,99	3,11	0,52	6,06
Len	1,90	11,34	3,59	3,16
Pszenica	3,48	38,04	22,07	1,72
Kukurydza	7,37	170,64	209,60	0,81
Kukurydza	7,88	195	256	0,76
Kukurydza				
Inra 258	7,28	166	199	0,83
Kukurydza				
Velox	7,14	160	190	0,84
Bobik*	8,63	234	336	0,70
Fasola*	6,64	138	153	0,90
Groch*	6,28	124	130	0,95
Łubin*	5,73	103	98	1,05

* Nasiona o zawartości wody równej 0 kg/kg.

Gęstość

$$\rho = \frac{m}{V}$$

(kg/m³)

Gęstość bezwzględna (masa właściwa) - stosunek masy materiału do objętości materiału

Gęstość usypowa - stosunek masy złoża do objętości zajmowanej przez złoże wraz z przestrzeniami międzyziarnowymi

Gęstość pozorną - stosunek masy ciała porowatego do objętości zajmowanej przez to wraz z porami

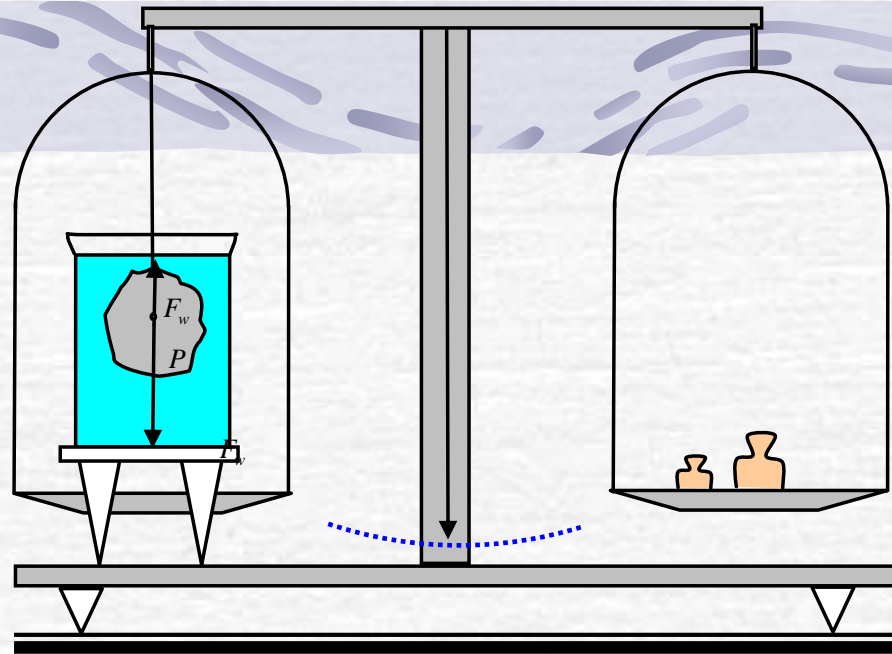
X_i – udział masowy i-tego składnika

$$\rho = \frac{1}{\sum \frac{X_i}{\rho_i}}$$

Porowatość złoża - stosunek objętości przestrzeni międzyziarnowych do całkowitej objętości złoża

Hydrostatyczna metoda pomiaru gęstości

- Woda
- Toluen



$$\rho_{\text{ciało}} = \frac{m_1}{m_1 - m_2} \cdot \rho_{\text{ciecz}}$$
$$\rho_{\text{ciecz}} = \frac{m_1 - m_3}{m_1 - m_2} \cdot \rho_{\text{ciecz_wzorcowa}}$$

Metoda pomiaru gęstości za pomocą piknometru

Woda
Toluen



$$\rho_{\text{ciecz}} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot \rho_{\text{ciecz_wzorcowa}}$$

Piknometr: 1 - pusty; 2 – z cieczą wzorcową; 3 – z cieczą

$$\rho_{\text{ciało}} = \frac{m_1}{m_1 + m_2 - m_3} \cdot \rho_{\text{ciecz}}$$

1 - ciało; 2 – pikn. z cieczą; 3 – pikn. z cieczą i ciałem

Gęstość

Tabela 3.7

Przedziały zmienności gęstości niektórych nasion, odpowiadające z błędem względnym około $\pm 3\%$ ich gęstości w stanie absolutnie suchym

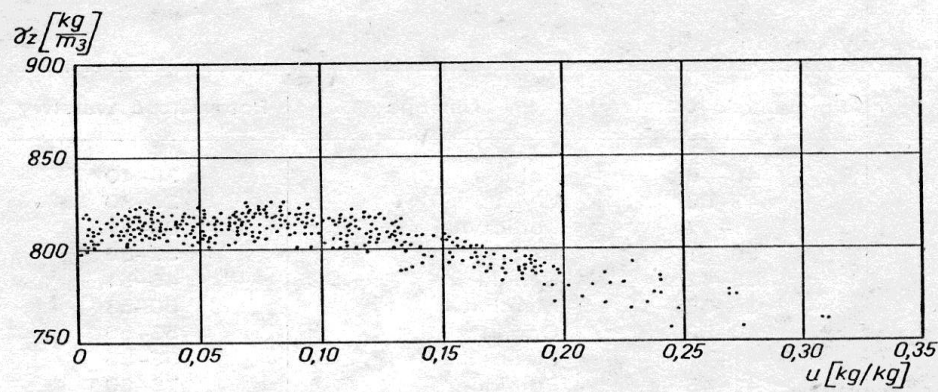
Nasiona	Gęstość nasion, kg/dm ³	Nasiona	Gęstość nasion, kg/dm ³
Pszenica	1,29–1,49	Bobik	1,28–1,35
Żyto	1,23–1,44	Wyka	1,10–1,40
Jęczmień	1,13–1,27	Koniczyna czerwona	0,90–1,40
Owies	0,95–1,06	Koniczyna biała	1,00–1,50
Kukurydza	1,19–1,25	Lucerna	0,80–1,40
Ryż	1,11–1,12	Kapusta	1,00–1,10
Len	1,10–1,12	Cebula	0,95–1,05
Słonecznik	0,71–0,74	Marchew	0,95–1,05
Mak	1,04–1,08	Ogórki	1,00–1,20
Soczewica	1,43–1,48	Pomidory	1,26–1,30
Soja	1,13–1,24	Pietruszka	1,05–1,15
Groch	1,30–1,34	Rzodkiewka	1,10–1,20
Fasola	1,30–1,35	Salata	0,95–1,05
Łubin	1,20–1,25	Szpinak	0,75–0,85

Gęstość

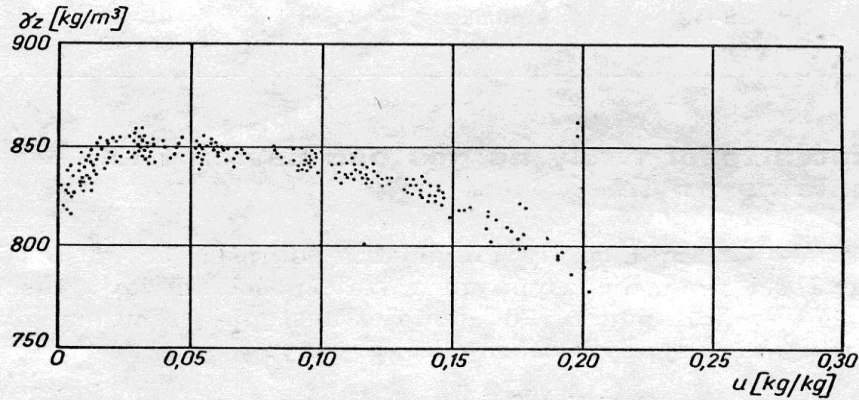
Tabela 3.8

Przedziały zmienności gęstości nasion w stanie zsypanym, w których zawartość wody waha się w granicach od ok. 0,10 do ok. 0,20 kg/kg

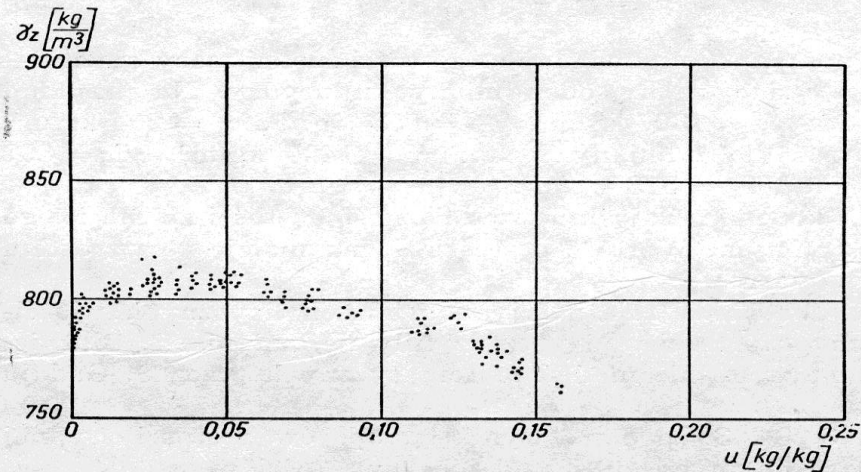
Nasiona	Gęstość w stanie zsypanym, kg/m ³	Nasiona	Gęstość w stanie zsypanym, kg/m ³
Pszenica	750–850	Łubin	780–800
Żyto	670–750	Bobik	790–810
Jęczmień	480–680	Wyka	820–860
Owies	300–550	Koniczyna	730–850
Proso	680–750	Lucerna	800–860
Kukurydza	600–850	Kapusta	600–700
Gryka	460–550	Cebula	450–540
Len	580–680	Marchew	450–520
Słonecznik	380–470	Ogórki	480–520
Mak	600–650	Pomidory	480–520
Soczewica	780–880	Pietruszka	240–260
Soja	650–750	Rzodkiewka	620–660
Groch	700–820	Salata	500–550
Fasola	750–850	Szpinak	400–450



Rys. 3.28. Wyniki pomiarów zależności gęstości zsypanej nasion bobiku od ich zawartości wody [11]



Rys. 3.29. Wyniki pomiarów zależności gęstości zsypanej nasion fasoli od ich zawartości wody [11]



Rys. 3.30. Wyniki pomiarów zależności gęstości zsypanej nasion łubinu od ich zawartości wody [11]

Gęstość drewna

Klasyfikacja drewna na podstawie gęstości w stanie powietrzno-suchym:

- drewno bardzo ciężkie, o gęstości ponad 800kg/m^3 : grab, cis, bukszpan;
- drewno ciężkie o gęstości $710\text{-}800\text{ kg/m}^3$: grochodrzew, buk, dąb, jesion, orzech, grusza;
- drewno umiarkowanie ciężkie o gęstości $610\text{-}700\text{ kg/m}^3$: brzoza, klon, jawor, jabłoń, modrzew, wiąz;
- drewno umiarkowanie lekkie o gęstości $510\text{-}600\text{ kg/m}^3$: jałowiec, kasztanowiec;
- drewno lekkie o gęstości $410\text{-}500\text{ kg/m}^3$: sosna, świerk, jodła, olcha, lipa;
- drewno bardzo lekkie o gęstości poniżej 400 kg/m^3 : topola, wejmutka.

Klasyfikacja drewna według gęstości w stanie świeżo ściętym:

- drewno o gęstości 1000 kg/m^3 i powyżej: cis, jodła, dąb, grab, wierzba;
- drewno o gęstości $900\text{-}1000\text{ kg/m}^3$: daglezja, jesion, wiąz, brzoza, buk, orzech;
- drewno o gęstości $800\text{-}900\text{ kg/m}^3$: grochodrzew, klon, topola;
- drewno o gęstości $700\text{-}800\text{ kg/m}^3$: modrzew, sosna, świerk, lipa.

Porowatość

Porowatość złoża - stosunek objętości przestrzeni międzyziarnowych do całkowitej objętości złoża

$$\varepsilon = \frac{V_p}{V_z} = \frac{V_z - V_m}{V_z} = 1 - \frac{V_m}{V_z}$$

$$V_m = \frac{m_m}{\rho_m} \quad V_z = \frac{m_z}{\rho_z} \quad \varepsilon = 1 - \frac{\frac{m_m}{\rho_m}}{\frac{m_z}{\rho_z}} \quad m_m \approx m_z$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_z}{\rho_m}$$

Porowatość

Tabela 3.10
Porowatość warstwy nasion w %

Nasiona	Porowatość warstwy	Nasiona	Porowatość warstwy
Pszenica	40–49	Bobik	36–40
Żyto	43–50	Wyka	26–30
Jęczmień	41–47	Koniczyna	33–37
Owies	50–61	Rajgras	32–36
Kukurydza	35–42	Cebula	49–51
Len	36–38	Marchew	50–53
Słonecznik	40–58	Ogórki	53–56
Mak	41–45	Pietruszka	53–56
Soszewica	41–45	Pomidory	75–80
Soja	32–43	Rzodkiewka	42–46
Groch	40–44	Salata	46–50
Fasola	38–42	Szpinak	45–47
Łubin	33–37	Selery	38–42

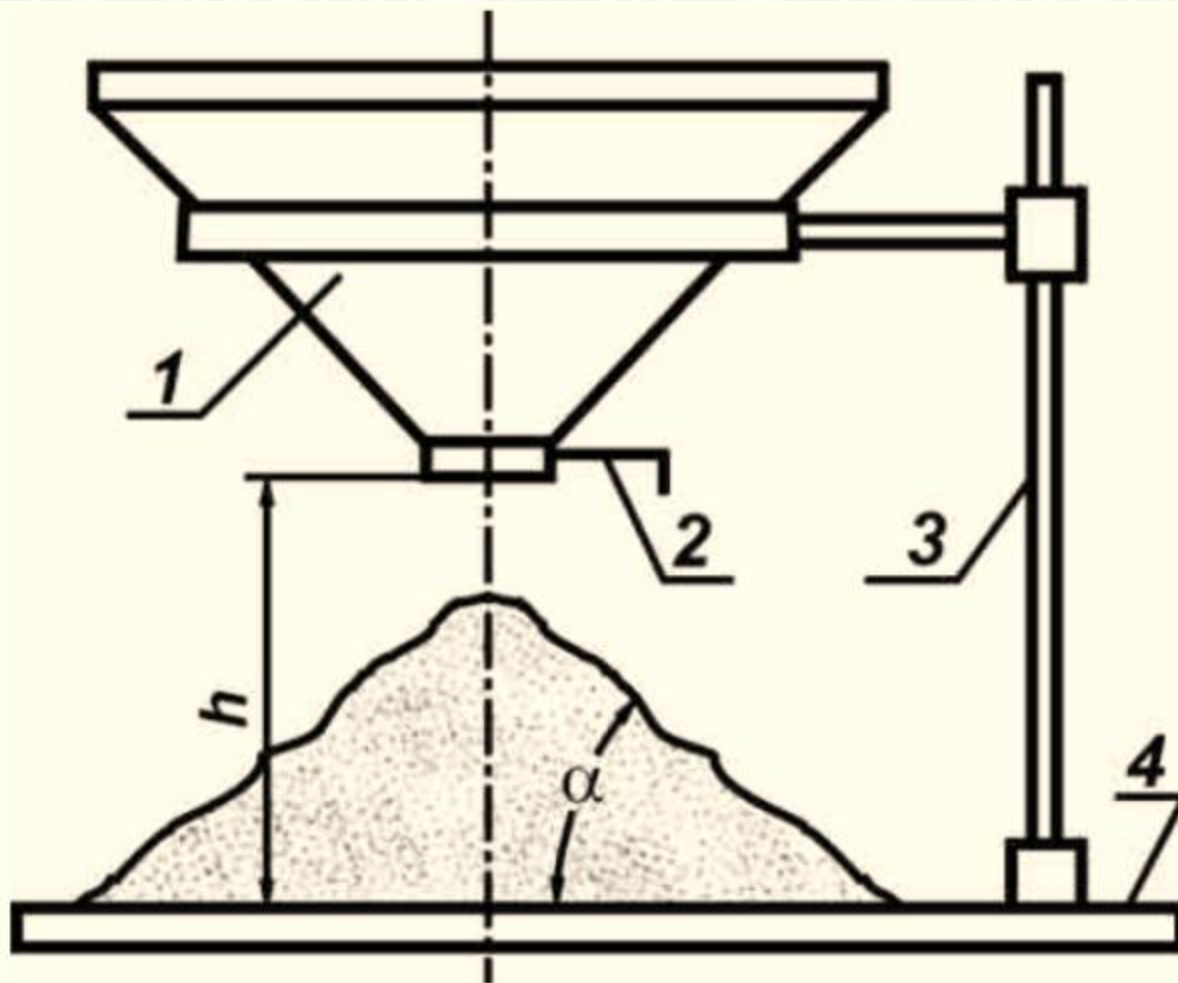
Masa 1000 nasion

Tabela 3.9

Masa 1000 nasion niektórych produktów rolniczych

Nazwa	Masa 1000 nasion M_{1000} g	Zawartość wody u , kg/kg	Uwagi
Bobik	$440,0 \pm 23,0$	0	[11]
Łubin	$119,8 \pm 5,4$	0	[11]
Groch	$171,8 \pm 13,6$	0	[11]
Fasola	$200,6 \pm 10,1$	0	[11]
Mak	$\sim 0,0055$	0,10	[7]
Len	$\sim 0,0041$	0,10	[7]
Pszenica	~ 29	0,15	[7]
Kukurydza	240–280	0–0,15	[75]

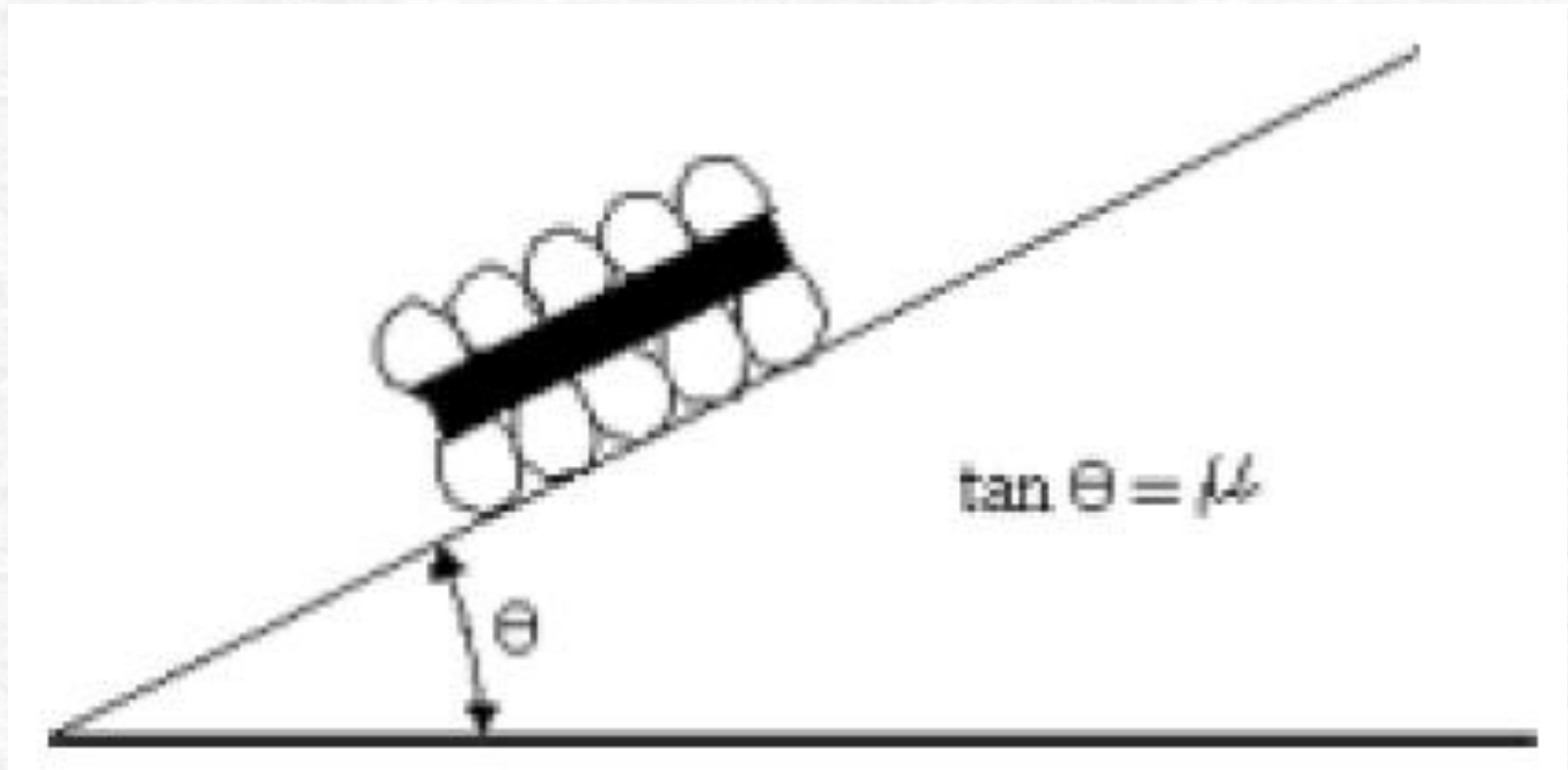
Kąt naturalnego usypu materiału



Przyrząd do pomiaru kąta naturalnego usypu materiału rozdrobnionego: 1-lej zasypowy, 2-zasuwa, 3-stojak, 4-podstawa.

Współczynnik tarcia statycznego

Zależy także od rodzaju materiału: metal, drewno, plexi



Koniec



Dziękuję
za
uwagę