



Uređuje: Kristijan Kovač

U novoj rubrici "Osvježimo znanje" ukratko ćemo vas podsjećati na osnovne pojmove, koncepte i činjenice iz kemije i kemijskog inženjerstva. Rubriku otvaramo prikazom osnova granulometrijske analize.

## Granulometrijska analiza I. Veličina čestica

|| K. Kovač\*

Rezovac, Pešta 6  
33 000 Virovitica

### ČESTICA

Oblik, forma (*shape, form*)

Kvalitativan opis odnosa među trima dimenzijama čestice: ekvidimenzionalni, pločasti, štapičasti...



Sferičnost (*sphericity*)

Mjera za odstupanje oblika čestice od sfere.

sferičnost =  $\frac{\text{oplošje kugle obujma jednakog obujmu čestice}}{\text{površina čestice}}$

$$\psi = \frac{A_s}{A_p}$$



sferičnost

Zaobljenost (*roundness*)

Zakrivljenost bridova i uglova čestice



zaobljenost

### Simboli

$x, d$ – veličina čestice, promjer sfere – particle size, diameter of a sphere	$V$ – volumen – volume
$A$ – ploština (površina) – surface area	$\rho$ – gustoća – density
$N$ – broj čestica – number of particles	$\Psi$ – sferičnost – sphericity
$n$ – broj veličinskih razreda – number of size classes	$p$ – čestica – particle
$r$ – polumjer – radius	$s$ – kugla – sphere
$X$ – brojnosni udjel čestica veličinskog razreda – frequency of occurrence of particles in size class	

### VELIČINA ČESTICE

Veličina čestice obično se izražava samo jednom veličinom, promjerom, neovisno o stvarnom obliku čestice, a navedeni promjeri jednaki su samo u slučaju da je čestica potpuno sferična.

a) **volumni promjer** ( $x_v$ )  
*volume diameter*

Promjer kugle volumena jednakog volumenu čestice.

$$V_s = V_p \quad x_v = \sqrt[3]{\frac{6}{\pi} V_p}$$

b) **površinski promjer** ( $x_A$ )  
*surface diameter*

Promjer kugle oplošja jednakog površini čestice.

$$A_s = A_p \quad x_A = \sqrt{\frac{A_p}{\pi}}$$

c) **maseni promjer** ( $x_m$ )  
*mass diameter*

Promjer kugle mase jednake masi čestice (ako se razlikuju gustoće čestice i materijala od kojeg je načinjena ekvivalentna sfera).

$$m_s = m_p \quad V_s \rho_s = V_p \rho_p \quad x_m = \sqrt[3]{\frac{6}{\pi} \frac{V_p \rho_p}{\rho_s}}$$

\* Kristijan Kovač, dipl. ing.  
e-pošta: kkovac@chem.pmf.hr

**d) Stokesov promjer ( $x_{St}$ )***Stokes diameter*

Promjer kugle koja u fluidu viskoznosti  $\mu$  pada brzinom kojom pada čestica ( $v$ ) uz uvjet da vrijedi Stokesov zakon.

$$x_{St} = \sqrt{18 \frac{v \mu_{fluid}}{\rho_p - \rho_{fluid}}}$$

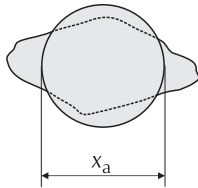
**e) Sauterov promjer ( $x_{Sauter}$ )***Sauter diameter*

Promjer kugle omjera volumena i oplošja jednakog omjeru volumena i površine čestice.

$$\frac{V_s}{A_s} = \frac{V_p}{A_p} \quad x_{Sauter} = \frac{x_V^3}{x_A^2} = 6 \frac{V_p}{A_p}$$

**f) promjer projicirane površine ( $x_a$ )***projected area diameter*

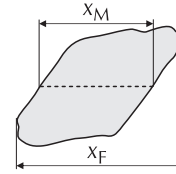
Promjer kruga površine jednake površini projicirane slike čestice koja leži u najstabilnijem položaju.

**g) Martinov promjer ( $x_M$ )***Martin diameter*

Duljina sekante paralelne sa smjerom mjerenja koja projiciranu sliku slučajno orijentirane čestice dijeli na dva dijela jednake površine.

**h) Feretov promjer ( $x_F$ )***Feret diameter*

Udaljenost među paralelnim tangentama, okomitim na smjer mjerenja, na projiciranu sliku slučajno orijentirane čestice.

**i) duljina ( $l$ )***length*

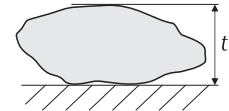
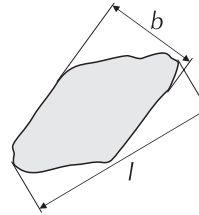
Najveći Feretov promjer.

**j) širina ( $b$ )***breadth*

Najmanji Feretov promjer.

**k) debljina ( $t$ )***thickness*

Visina čestice koja leži u najstabilnijem položaju.

**l) promjer sita ( $x_{sieve}$ )***sieve diameter*

Najmanji promjer otvora sita kroz koji prolazi čestica pod određenim uvjetima prosijavanja.

**PROSJEČNA VELIČINA ČESTICA**

Prosječni promjer čestica (*mean diameter*)

$$\bar{x}_{p,q} = \left( \frac{\sum_{i=1}^N x_i^p}{\sum_{i=1}^N x_i^q} \right)^{\frac{1}{p-q}}$$

za sve čestice 1...N  
q – definira fizičku veličinu koja određuje distribuciju

$$\bar{x}_{p,q} = \left( \frac{\sum_{i=1}^n X_i x_i^p}{\sum_{i=1}^n X_i x_i^q} \right)^{\frac{1}{p-q}}$$

za sve veličinske razrede 1...n

**a) prosječni promjer ( $\bar{x}_{1,0}$ )***number mean diameter*

$$\bar{x}_{1,0} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad \bar{x}_{1,0} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i x_i}{\sum_{i=1}^n X_i}$$

**b) prosječni površinski promjer ( $\bar{x}_{2,0}$ )***surface area mean diameter*

$$\bar{x}_{2,0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{N}} \quad \bar{x}_{2,0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i x_i^2}{\sum_{i=1}^n X_i}}$$

**c) prosječni volumni (maseni) promjer ( $\bar{x}_{3,0}$ )***volume (or mass) mean diameter*

$$\bar{x}_{3,0} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^N x_i^3}{N}} \quad \bar{x}_{3,0} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^n X_i x_i^3}{\sum_{i=1}^n X_i}}$$

**d) Sauterov prosječni promjer ( $\bar{x}_{3,2}$ )***Sauter mean diameter*

$$\bar{x}_{3,2} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i^3}{\sum_{i=1}^N x_i^2} \quad \bar{x}_{3,2} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i x_i^3}{\sum_{i=1}^n X_i x_i^2}$$

**e) De Brouckereov prosječni promjer ( $\bar{x}_{4,3}$ )***De Brouckere mean diameter*

$$\bar{x}_{4,3} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i^4}{\sum_{i=1}^N x_i^3} \quad \bar{x}_{4,3} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i x_i^4}{\sum_{i=1}^n X_i x_i^3}$$

T. Allen, Particle Size Measurement. 4. izd., Chapman and Hall, London, 1990.

M. Hraste, Funkcije raspodjele veličina čestica: Izbor i uspješnost primjene, Kem. Ind. 41 (2) (1992) 49-53.

H. G. Merkus, Particle Size Measurements. Fundamentals, Practice, Quality. Springer Science+Business Media, 2009.

D. Ocepek, Klasiranje. Tehnička enciklopedija 7 Ke-Međ, Jugoslavenski leksikografski zavod, Zagreb, 1980.

A. Rawle, Basic Principles of Particle Size Analysis. Malvern Instruments Limited, Malvern.