บทที่ 2

การตกตะกอน (SEDIMENTATION)

1303 341 Environmental Unit Operations

Edgar Bergen (1903 - 1978)

เนื้อหา

- นิยามและประโยชน์ของการตกตะกอน
- ชนิดของการตกตะกอน
- การวิเคราะห์การตกตะกอน Type I
- การวิเคราะห์การตกตะกอน Type II
- การวิเคราะห์การตกตะกอน Type III

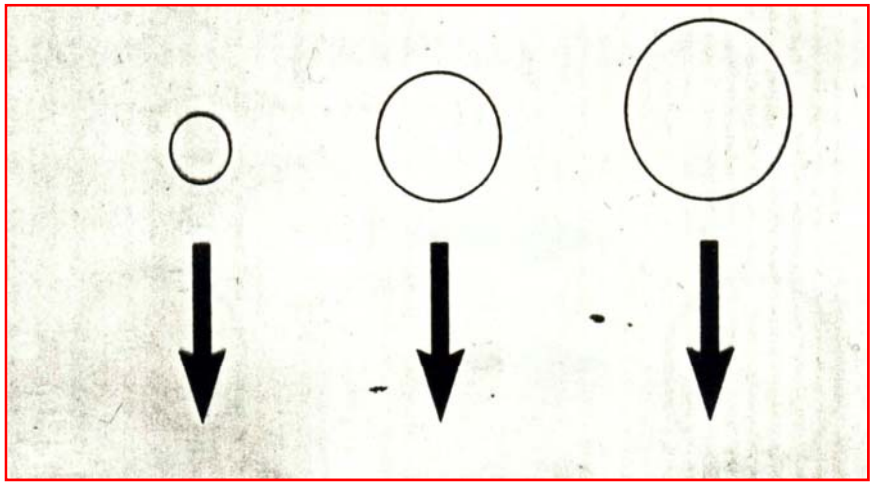
นิยามและประโยชน์ของการตกตะกอน

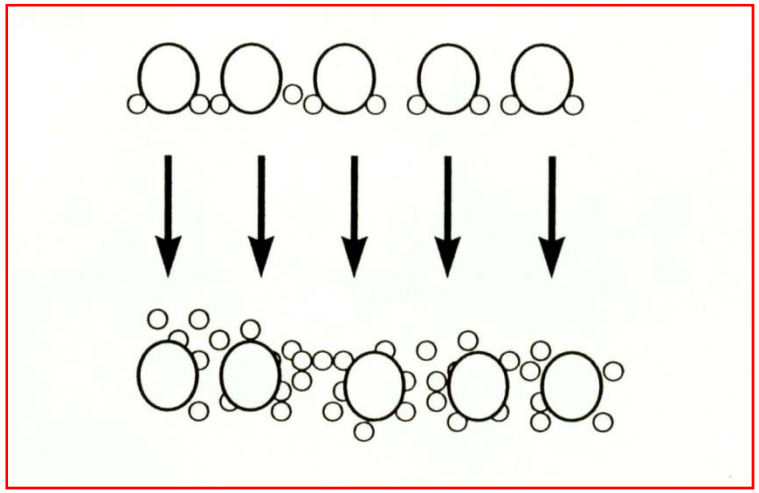
- การตกตะกอนเป็นกระบวนการแยกตะกอนออกจากน้ำโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง
- อนุภาคที่ตกตะกอนได้ คือ อนุภาคที่แรงโน้มถ่วงมากกว่าแรงเฉื่อยและแรงหนืด
- การประยุกต์ใช้ อ่านเพิ่มในหน้า 3-2

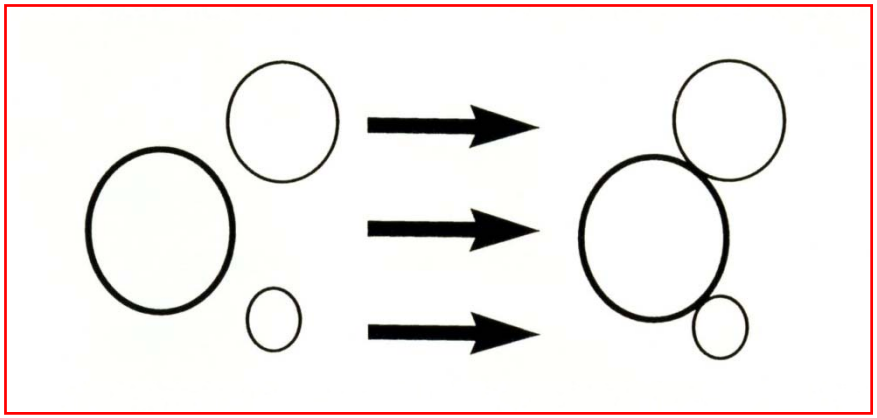
ชนิดของการตกตะกอน

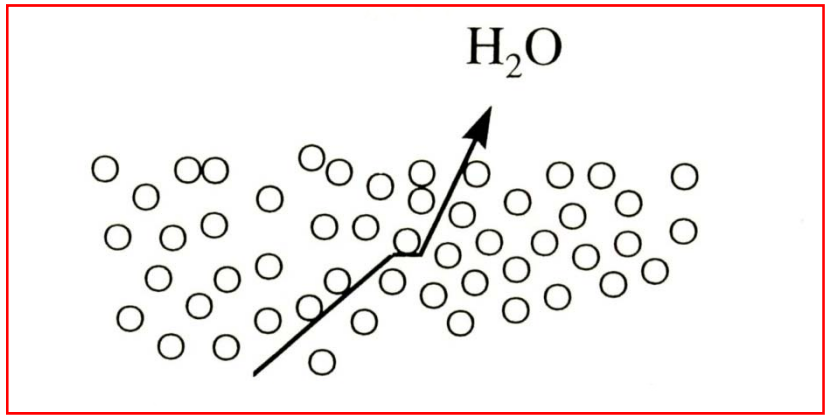
- Type I: Discrete Settling
- Type II: Flocculent Settling
- Type III: Hindered Settling
- Type IV: Compression Settling

ชนิดของการตกตะกอน









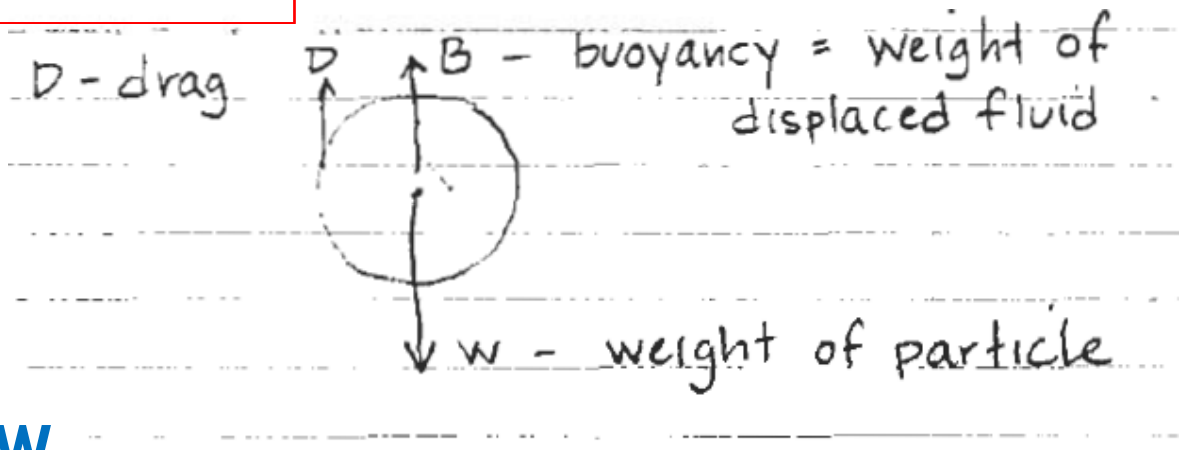
การวิเคราะห์การตกตะกอน Type I

- ต้องรู้ความเร็วในการตกตะกอนจากการใช้ **Stoke's Law** และ **Newton's Law**
- หาสัดส่วนการตกตะกอนได้จาก **Ideal Settling Tank**

Stoke's Law

$$\sum F = ma \quad \Rightarrow \quad F_W - F_B - F_D = 0$$

$$V_s = \frac{1}{18\mu}(\rho_s - \rho) g d^2$$

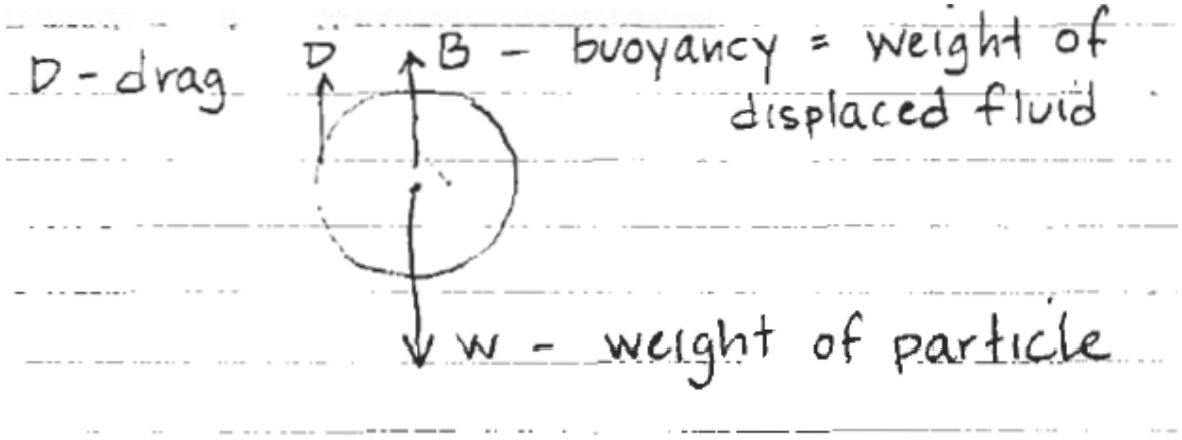


Source: MIT OCW

Stoke's Law

$$Vs \quad \alpha \quad d^2$$

Stoke's Law ใช้ได้ดีเมื่อ $Re > 0.50$



Newton's Law

$$F_{drag} = C_d A_C \rho_\omega \frac{v_s^2}{2}$$

C_d =Newton's drag coefficient
A_c =cross-sectional area of particle perpendicular to the direction of motion
v_s -settling velocity of particle

$$v_s = \sqrt{\frac{4gd(\rho_s - \rho_w)}{3C_d \rho_w}}$$

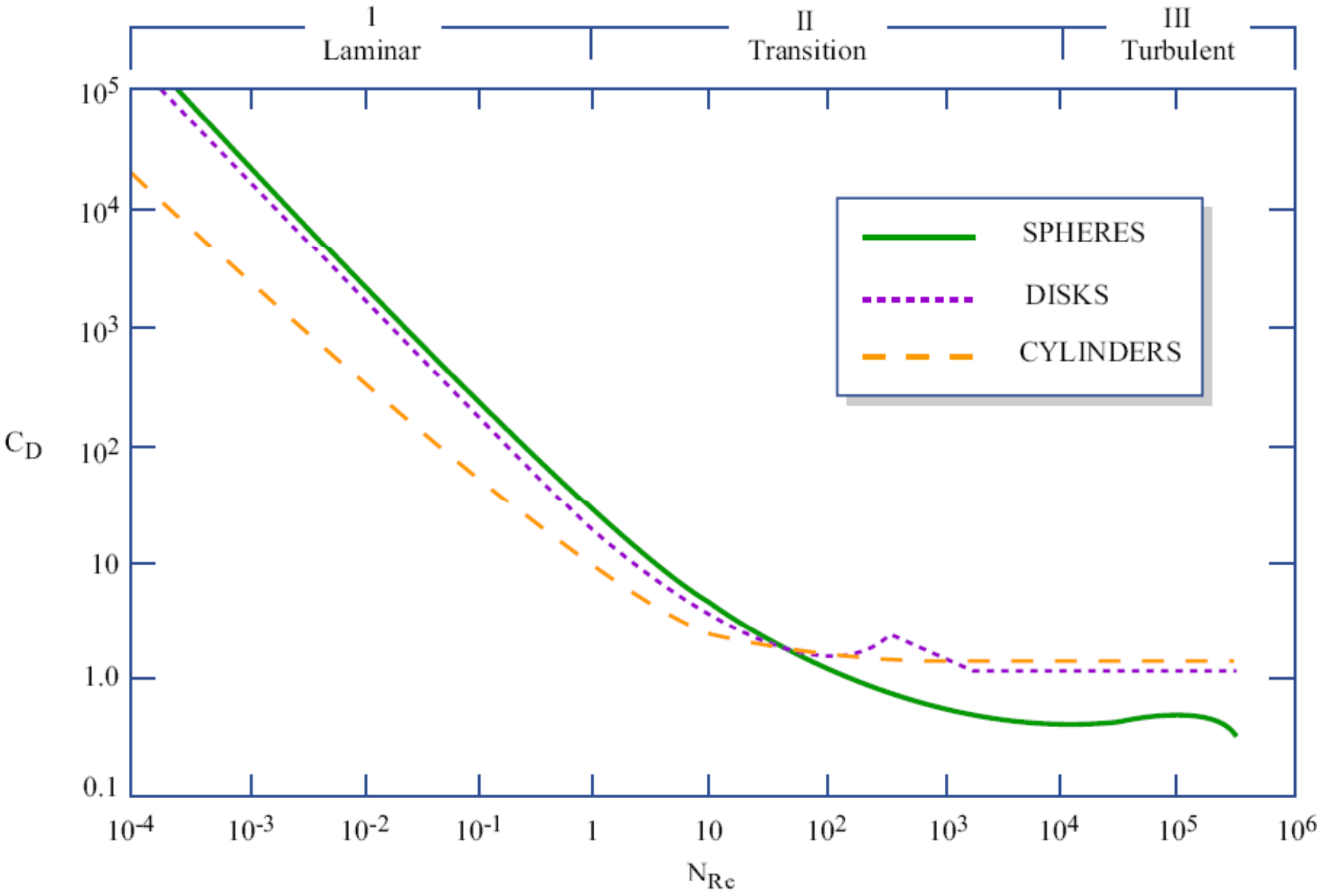


Figure by MIT OCW.

Adapted from: Reynolds, T. D., and P. A. Richards. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. 2nd ed. Boston, MA: PWS Publishing Company, 1996.

Newton's Law

I. Laminar flow $Re < 1$

$$C_D = 24/Re$$

for sphere

ใช้ Stoke's Law ได้

Source: MIT OCW

Newton's Law

II Transition flow $1 < Re < 10^4$

$$C_D = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0.34$$

Can only solve for V_s by iteration:

Guess C_D, compute V_s, compute Re, compute C_D

Keep iterating until V_s converges

Source: MIT OCW

Newton's Law

III Turbulent flow $Re > 10^{+4}$

$C_D = 0.4$

Source: MIT OCW

Newton's Law

$$d = 1.24 \emptyset^{\frac{1}{3}} d_p$$

Φspherical = 0.52

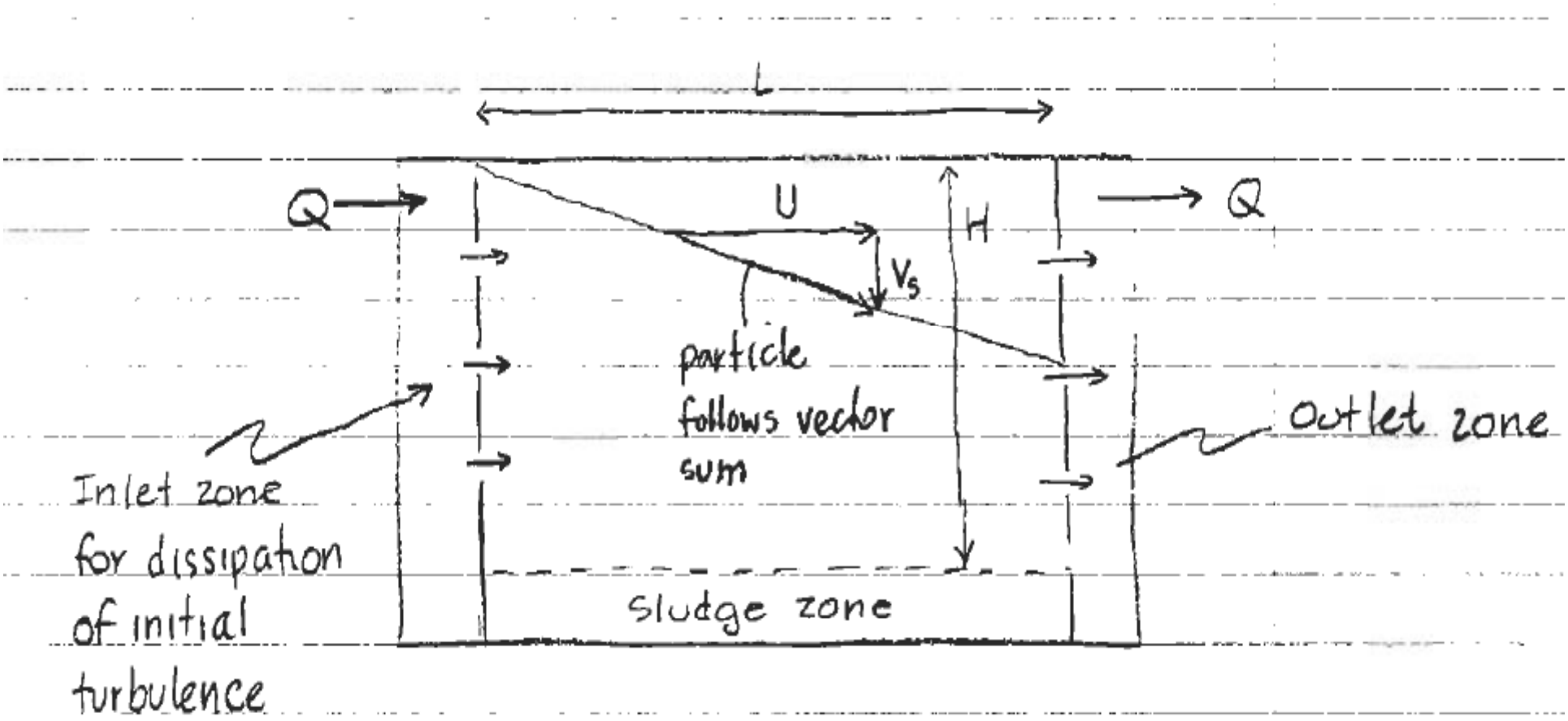
Φworn = 0.86

Φsharp = 0.77

Φangular = 0.64

Example

Ideal Settling Tank



Source: MIT OCW

Ideal Settling Tank

$$V_c = \frac{Q}{BL}$$

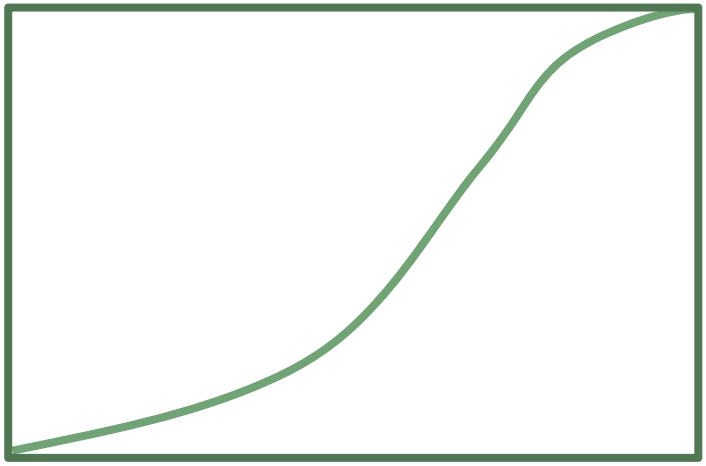
Vc = critical velocity

Q/BL = overflow rate / surface loading / volume flux

Ideal Settling Tank

$$R = (1 - X_c) + \int_0^{X_c} \frac{V_p}{V_c} dx$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{V_{ni}}{V_c} (n_i)}{\sum_{i=1}^{n} n_i}$$



Example (page 3-22)

ช่วงความเร็วจมตัว (m/h)	จำนวนอนุภาค ($x10^5$)
0.0-0.5	30
0.5-1.0	50
1.0-1.5	90
1.5-2.0	110
2.0-2.5	100
2.5-3.0	70
3.0-3.5	30
3.5-4.0	20
total	500

การวิเคราะห์การตกตะกอน Type II

- อนุภาคตกตะกอนด้วยการรวมตัวกับอนุภาคข้างเคียง
- **พิจารณาการตกตะกอนจาก settleing velocity เหมือน Type I ไม่ได้**

$$R\ (\%) = \sum_{h=1}^{n} \left(\frac{\Delta h_n}{H}\right)\left(\frac{R_n + R_{n+1}}{2}\right)$$

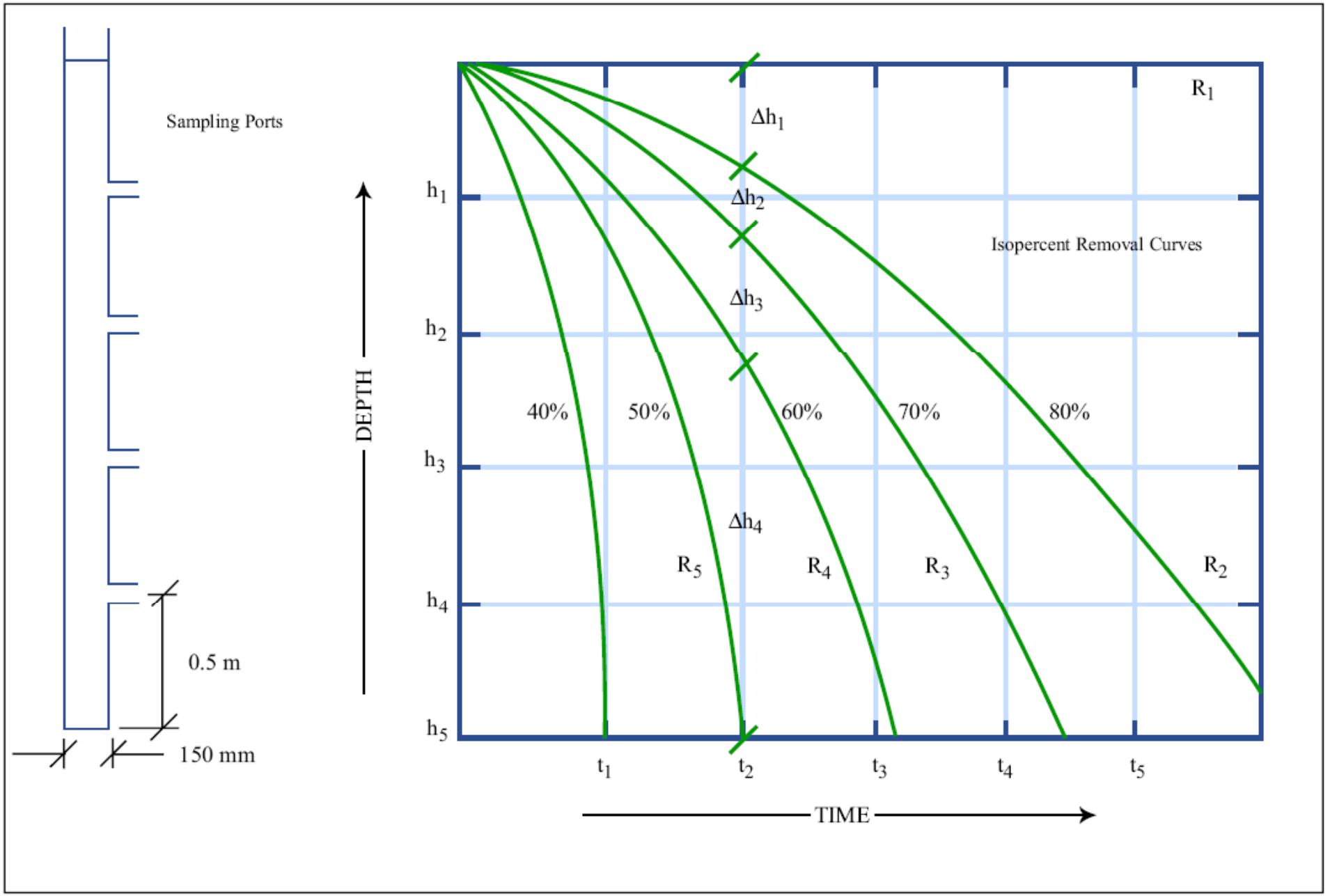
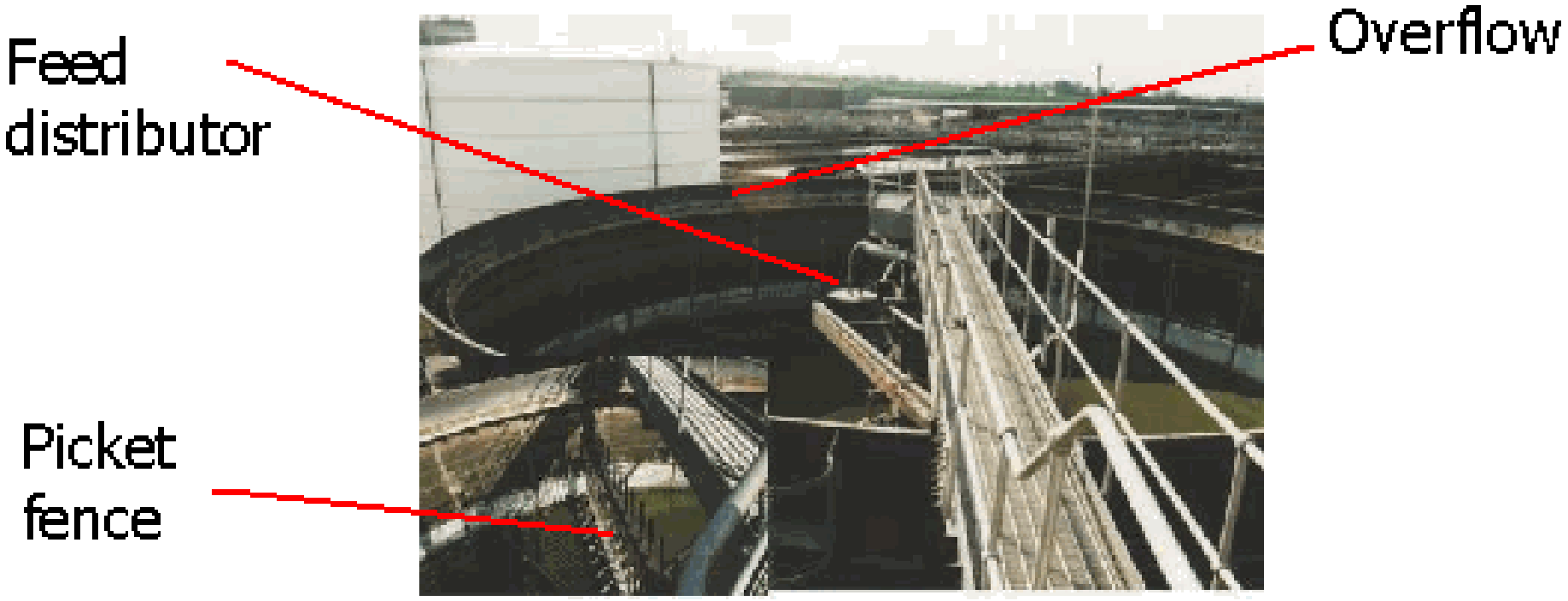


Figure by MIT OCW.

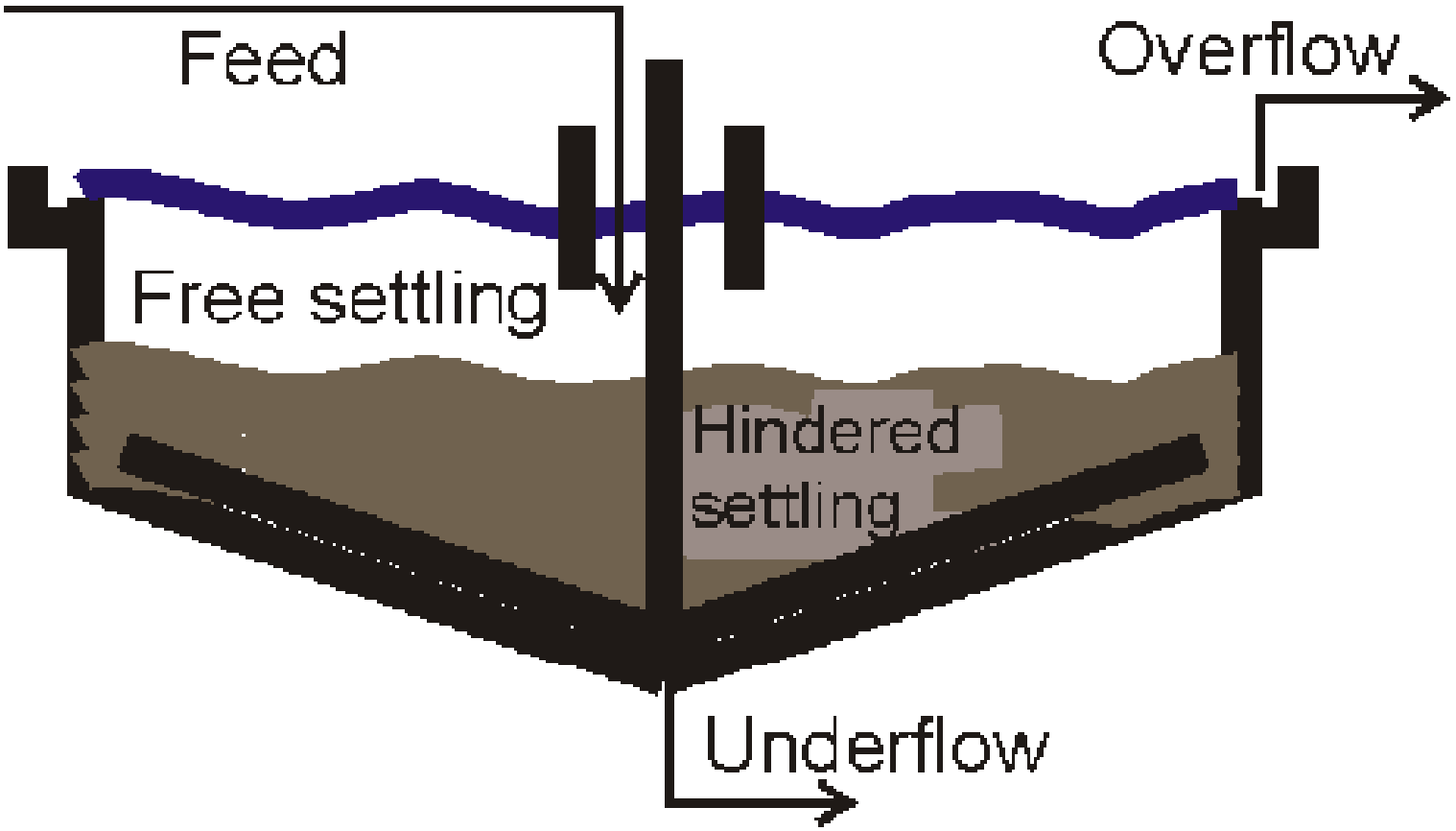
Example (page 3-22)

การวิเคราะห์การตกตะกอน Type III



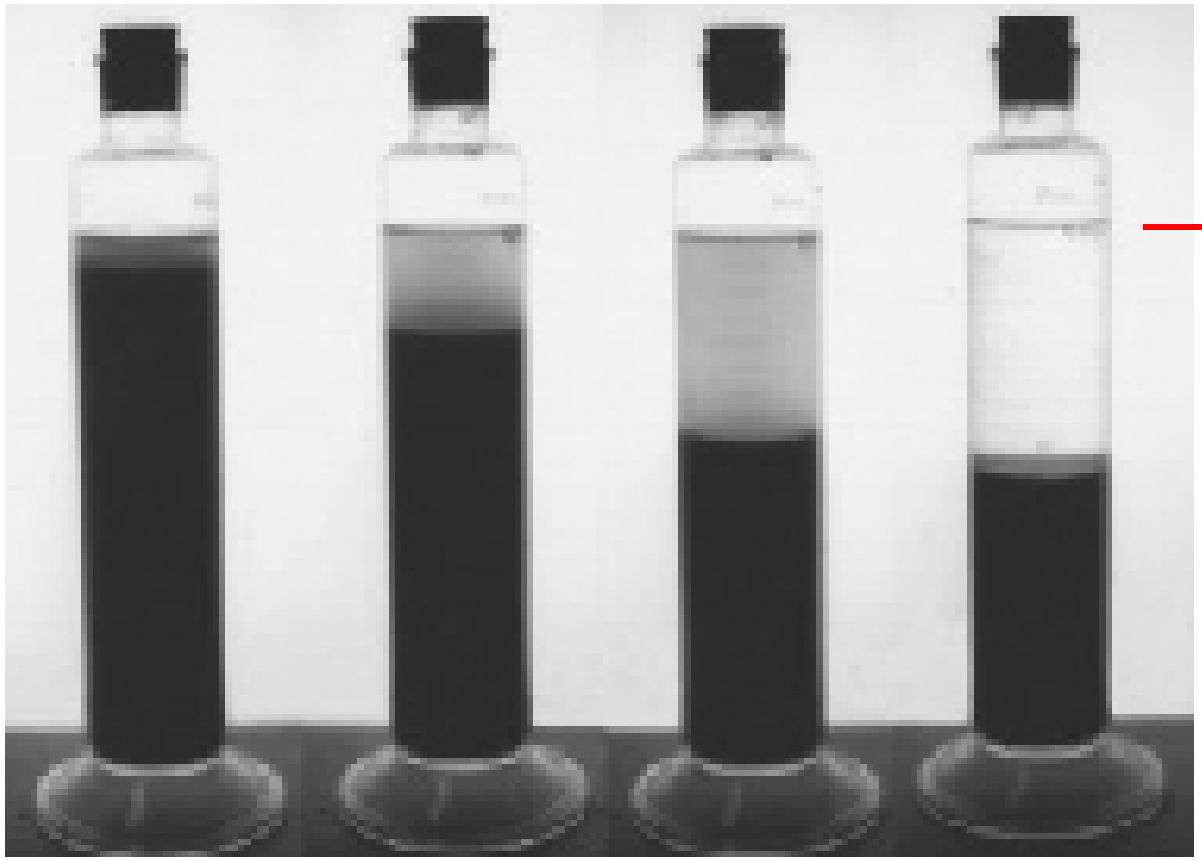
http://www.filtration-and-separation.com/thickener/sld003.htm

การวิเคราะห์การตกตะกอน Type III



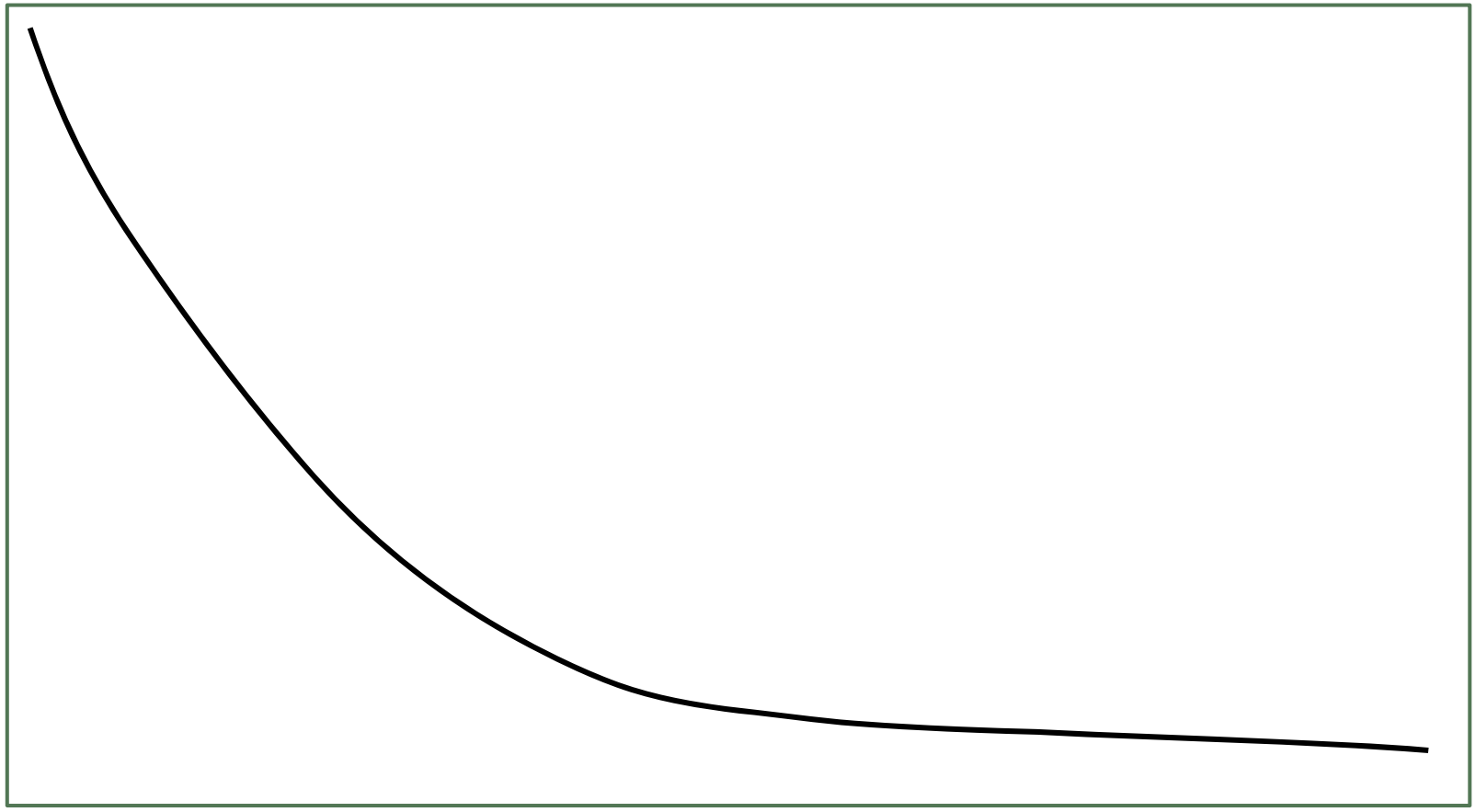
http://www.filtration-and-separation.com/thickener/sld004.htm

การวิเคราะห์การตกตะกอน Type III



http://www.filtration-and-separation.com/thickener/sld005.htm

การวิเคราะห์การตกตะกอน Type III



Example (page 3-43)

จบบทที่ 2