

ÇEV 715

Hava Kirliliđi Modellemesi ve Uygulamaları

Kutu Modelleri

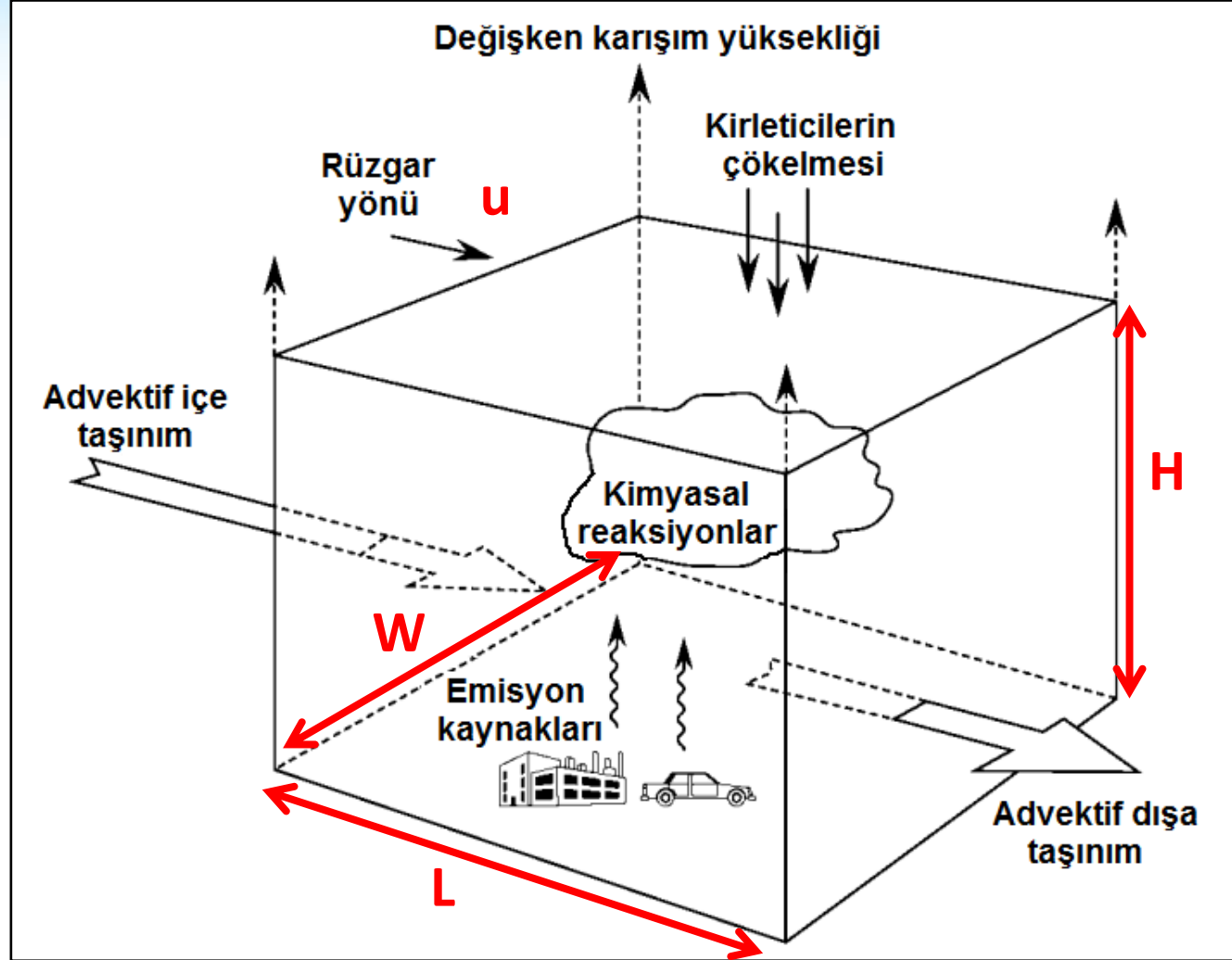
Özgür ZEYDAN (PhD.)

<http://www.ozgurzeydan.com/>



Basit Kutu Modeli

Şehir alanını temsil eden bir Eulerian kutu içerisindeki kirletici kütlesinin korunumuna dayanır.



Finlayson-Pitts B. J., Pitts J. N., *Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere Theory, Experiments, and Applications*, Academic Pres, U.S.A., 2000.

Basit Kutu Modeli Kabulleri

- Şehrin bir kenarı rüzgar yönüne paralel olmak şartıyla dikdörtgen şeklinde olmalıdır.
- Atmosferik türbülansla oluşan karışım, karışım yüksekliğine (H) kadar olmalıdır.
- Kutunun her yerinde kirletici konsantrasyonu (c) aynıdır.
- Rüzgar x yönünde u hızı ile esmektedir. Rüzgar hızı sabittir, zamana, konuma ve yüksekliğe bağlı değildir.
- Kutu içerisine $x=0$ noktasından giren kirletici konsantrasyonu (b) sabittir. (b: g/m^3 veya $\mu g/m^3$)
- Hava kirleticilerinin emisyonu sabittir.
- Kirleticiler kutu hacmini, kutunun üstünden veya rüzgar yönüne paralel kenarlardan terk etmezler. (Yatayda adveksiyon yoktur.)

Kutu Modeli Formülasyonu

- Q: emisyon oranı (g/s)
- q: birim alandaki emisyon oranı (g/s.m²)
- A: alan (m²)
- b: background konsantrasyon (g/m³) Kutuya rüzgar ile taşınım yoksa b=0
- c: kutu içerisindeki kirletici konsantrasyonu (g/m³)
- $A = W \times L$
- $Q = q \times A$

Kutu Modeli Formülasyonu

- Sistem dengede olduğunda;
- (kutuya giren kirleticiler) – (kutudan çıkan kirleticiler) = 0
- Rüzgar ile kutuya taşınanlar: $u.W.H.b$
- Kirletici kaynağından salınan emisyonlar: $Q=q.W.L$
- Rüzgar ile kutudan dışarı taşınanlar: $u.W.H.c$
- $u.W.H.b + q.W.L = u.W.H.c$
- $c = b + \frac{q.L}{u.H}$

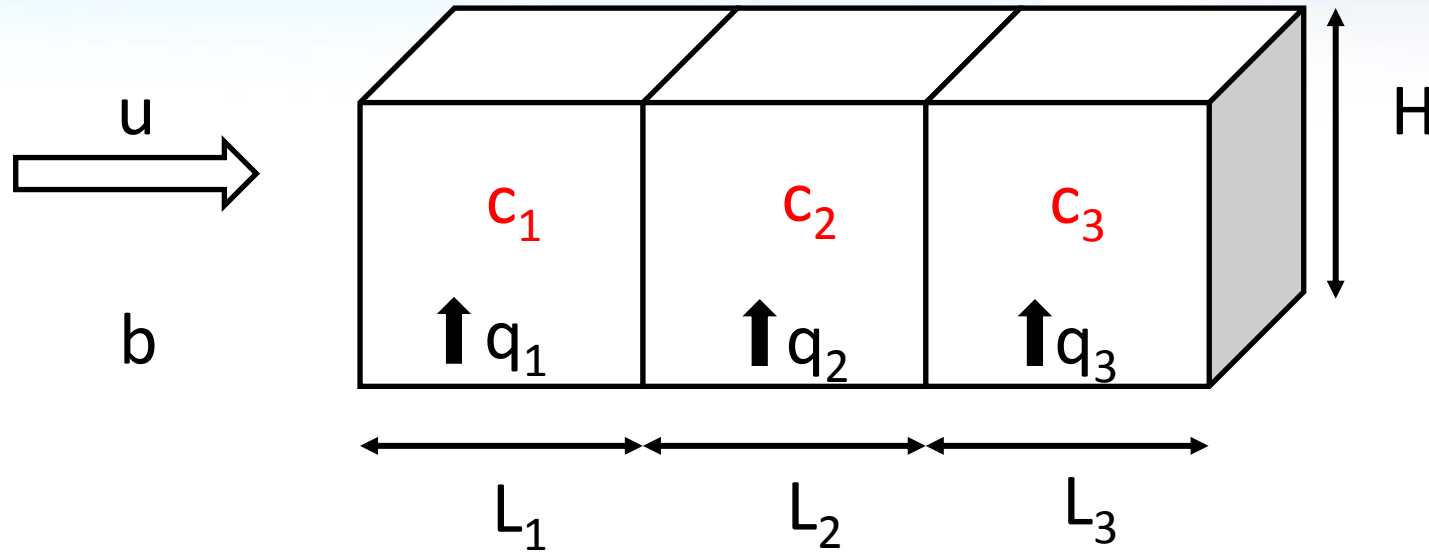
Basit Kutu Modelinde Çok Sayıda Kutu Kullanımı

➤ $c_n = b + \sum_{i=1}^n \frac{q_i \cdot L_i}{u \cdot H_i}$

➤ n: seri olarak dizilmiş kutu sayısı

➤ c_n : n adet sesi dizilmiş kutudan n nolu kutudaki konsantrasyon

Çok Sayıda Kutu Kullanımı - Örnek



Bir önceki kutuda hesaplanan konsantrasyon, sonraki kutuda background değeri olur!

$$c_1 = b + \frac{q_1 \cdot L_1}{u \cdot H_1}$$

$$c_2 = \underbrace{\left(b + \frac{q_1 \cdot L_1}{u \cdot H_1} \right)}_{c_1} + \frac{q_2 \cdot L_2}{u \cdot H_2}$$

$$c_3 = \left(\underbrace{\left(\underbrace{\left(b + \frac{q_1 \cdot L_1}{u \cdot H_1} \right)}_{c_1} + \frac{q_2 \cdot L_2}{u \cdot H_2} \right)}_{c_2} + \frac{q_3 \cdot L_3}{u \cdot H_3} \right)$$

Birden Çok Meteorolojik Durum Olduğunda

- (Yıllık ortalama konsantrasyon) = Σ (Belirli bir meteorolojik şart için konsantrasyon) (Meteorolojik şartın görülme sıklığı)

Basit Kutu Modelinde Zamanla Değişen Konsantrasyon

- $c(t) = c + (c(0) - c) \cdot e^{-u.t/L}$
- $c(t) = c \cdot (1 - e^{-u.t/L}) + c(0) \cdot e^{-u.t/L}$
- $c(t) = \left(b + \frac{q.L}{u.H}\right) (1 - e^{-u.t/L}) + c(0) \cdot e^{-u.t/L}$
- $c(t)$: t anındaki konsantrasyon
- $c(0)$: 0 anındaki konsantrasyon
- $t = L / u$
- t: ventilasyon zamanı

<http://www.aqbook.org/read/?page=255>

Örnek Soru - 1

- Boyutları $W \times L \times H$ (7 km x 13 km x 1.5 km) olan bir şehirde rüzgar 4 m/s hızla esmektedir. Rüzgar ile taşınan SO_2 konsantrasyonu $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dür. Şehirdeki SO_2 emisyon oranı $4.5 \times 10^{-6} \text{ g}/\text{s} \cdot \text{m}^2$ ise bu şehir atmosferindeki SO_2 konsantrasyonunu hesaplayınız.

Örnek Soru - 1 - Çözüm

➤ $L=13 \text{ km}$; $H=1.5 \text{ km}$; $u=4 \text{ m/s}$; $b=10 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $q=4.5 \times 10^{-6} \text{ g/s.m}^2$

$$c = b + \frac{qL}{uH}$$

$$c = \frac{10 \mu\text{g}}{\text{m}^3} + \left(4.5 \times 10^{-6} \frac{\text{g}}{\text{s.m}^2} \right) \left(\frac{13000\text{m}}{(4\text{m/s})(1500\text{m})} \right)$$

$$c = \frac{10 \mu\text{g}}{\text{m}^3} + \frac{9.75 \times 10^{-6} \text{ g}}{\text{m}^3}$$

$$c = \frac{10 \mu\text{g}}{\text{m}^3} + \frac{9.75 \mu\text{g}}{\text{m}^3} = 19.75 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

Örnek Soru - 2

- Örnek - 1'de verilen meteorolojik şartlar ($u = 4\text{ m/s}$, $H = 1.5\text{ km}$) yılın %34'ü için geçerlidir. Yılın geri kalan bölümlerinde rüzgar 90° yön değiştirerek ($L_2 = 7000\text{ m}$) 8 m/s hızla esmektedir (karışım yüksekliği değişmemekte). Yıllık ortalama SO_2 konsantrasyonunu hesaplayınız.

Örnek Soru - 2 - Çözüm

- Yeni meteorolojik durum için çözüm:
- $L=7$ km; $H=1.5$ km; $u=8$ m/s; $b=10$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$; $q=4.5 \times 10^{-6}$ g/s.m²

$$c = b + \frac{qL}{uH}$$

$$c = \frac{10 \mu\text{g}}{\text{m}^3} + \left(4.5 \times 10^{-6} \frac{\text{g}}{\text{s.m}^2} \right) \left(\frac{7000\text{m}}{(8\text{m/s})(1500\text{m})} \right)$$

$$c = \frac{10 \mu\text{g}}{\text{m}^3} + \frac{2.625 \mu\text{g}}{\text{m}^3} = 12.625 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3}$$

Örnek Soru - 2 - Çözüm

➤ (Yıllık ortalama konsantrasyon) = Σ (belirli bir meteorolojik şart için konsantrasyon) (meteorolojik şartın görülme sıklığı)

$$\text{(Yıllık ortalama konsantrasyon)} = (19.75 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 0.34) + (12.625 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times 0.66) = 15.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Örnek Soru - 3

- Boyutları 15x15 km olan bir şehirde 200000 aracın bulunduğu ve her birinin öğleden sonra 16 ve 18 saatleri arasında 30 km yol aldığı bilinmektedir.
- Araç egzozlarındaki CO emisyon faktörü 3 gr/km'dir. 20 metrelik karışım yüksekliği olduğu ve 1 m/s'lik hızla esen rüzgar ile şehre temiz hava geldiği tahmin edilmektedir.
- Saat 16'da şehir havasında CO olmadığı ve CO'nun sadece araçlardan salındığı biliniyorsa saat 18'deki CO konsantrasyonunu hesaplayınız.

Örnek Soru - 3 - Çözüm

$$\text{➤ } q = \frac{200000 \text{ araç} \times 30 \frac{\text{km}}{\text{araç}} \times 3 \frac{\text{gr}}{\text{km}}}{(15000 \text{ m})^2 \times 2 \text{ saat} \times 3600 \frac{\text{saniye}}{\text{saat}}} = 1.1 \times 10^{-5} \frac{\text{gr}}{\text{s.m}^2}$$

➤ 2 saat (7200 saniye) sonraki konsantrasyon:

$$\text{➤ } c(t) = \frac{q L}{u H} \left(1 - e^{-\frac{ut}{L}} \right)$$

$$\text{➤ } c(7200) = \frac{1.1 \times 10^{-5} \frac{\text{gr}}{\text{s.m}^2} \times 15000 \text{ m}}{1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 20 \text{ m}} \left(1 - e^{-\frac{1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 7200 \text{ s}}{15000 \text{ m}}} \right)$$

$$\text{➤ } c(7200) = 3.2 \times 10^{-3} \frac{\text{gr}}{\text{m}^3} = 3.2 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

Kutu Modellerinin Evrimi

➤ 1. nesil modeller

- Fotokimyasal kutu modelleri (OZIP/EKMA)

➤ 2. nesil modeller

- Fotokimyasal grid modeller (Urban Airshed Model - UAM)

➤ 3. nesil modeller

- "Tek atmosfer" yaklaşımli, topluluk tabanlı model sistemleri (CMAQ, CAMx)

Kaynaklar

- Finlayson-Pitts B. J., Pitts J. N., *Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere Theory, Experiments, and Applications*, Academic Pres, U.S.A., 2000.
- İncecik S., Hava Kalitesi Yönetimi Kursu Notları, İzmir, 1999.
- <http://shodor.org/media/content/hpcu/website/resources/xsede14/AirPollutantConcentrationModels>