

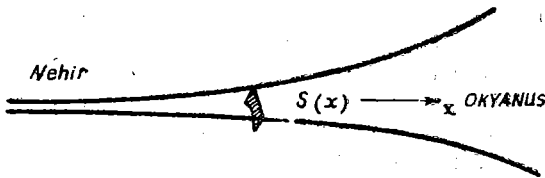
Çalkantılı Bir Nehir Ağzındaki Pis Su Mansap Yerinin Nehirde Husule Getirdiği Pis Su Konsantrasyonlarının Hesabı (*)

Yazan : Henry STOMMEL
Çeviren : Y. Müh. Yılmaz MUSLU

Ketchum (1) ve Arons-Stommel (2) tarafından son zamanlarda nesredilmiş bulunan yazılar, tatlı suların bir nehir ağzında dağılması mevzuunu cesaretle ele alarak bu dağılma şeklinin teorik etüdünü vermektedirler. Bununla beraber, Pritchard (3) göstermiştir ki, bu metot ancak şiddetli med ve cezre mâruz olup düzey tabakalaşma göstermeyen nehir ağzları için en iyi bir şekilde tatbik kabiliyetini haizdir. Böyle hallerde tuz, türbülans yolu ile nehrin ana akış istikametine karşı yukarıya doğru taşınır. Ketchum «mübadele oranı» adını verdiği ve mevzuubahs madde ile suyun karışım keyfiyetini inceleyen bir usul teklif etti ve Raritan'da tuzluluğun dağılma şeklini hesap etmeğe muvaffak oldu. Severn ağzı hakkında nesredilmiş bulunan malûmatı (4) kullanılarak bu yazıların müellifi ve Harlow G. Farmer, «mübadele oranı» metodunun tuzluluk nisbetlerinin dağılması hakkında çok yanlış neticeler verdiğini tespit ettiler. Severn tabakalaşma göstermediği ve Ketchum analizinin bütün icaplarına uygun olduğu cihetle «mübadele oranı» metodunun teklif edildiği gibi umumi bir metod olmadığı aşîkârdır.

Arons ve Stommel metodu (2) için de, buna benzer itirazlar yapılabilir. Severn'deki tuzluluk nisbetleri bu makalede verilen eğri ailesi üzerine çizilebilir. Fakat karışım mesafesinin derinlikle aynı mertebede olduğu veya med ve cezir sahasının takriben 1/1000 i kadar bulunduğu tespit edilmiştir. Bundan anlaşılıyor ki karışım mesafesi hakkında Arons ve Stommel tarafından yapılan hipotezler umumî haller için hiç olmazsa Severn'de olduğu kadar dahi pratiğe uymamaktadır. Kısacası, halihazırda türbülanslı karışım ameliyesi hakkında ön faraziyeler yaparak maksada ulaşılması muhtemel görülmemektedir. Nehir ağzındaki muhtelif yerlerde türbülans difüzyon katsayısının tespiti için nehir sularının dağılma şeklini bir vasıta olarak kullanmak ve bu katsayılar yardımıyla nehir ağzında herhangi bir noktada nehrin pislenmesine sebep olan maddenin sulandırılma derecesini verir bir metod tesis etmek pratik noktaî nazardan yerinde bir hareket olur. Böyle bir metod için yapılan bir çalışma aşağıdadır.

Bu metodun sadece, içinde med ve cezirden mütevellit bir karışım mevcut olan ve düzey tabakalaşma



Şekil : 1 — Konsantrasyon hesabında kullanılan işaretler

arzetmeyen nehir ağzlarına tatbik edilmek istendiği tekrar ihtar olunur.

Daimi hal denklemleri

(Şekil : 1) de görüldüğü gibi bir nehir ağzı nazarı itibare alınır ve x ekseninin nehir eksenine istikametinde olduğu farzedilir. Keza S(x) enkesit alanı S enkesitinin durumuna bağlı olarak değişebilir.

Şimdi farzedelim ki bir med ve cezir esnasında ortalama konsantrasyonu (x) e bağlı olarak c(x) olan pis su, nehir ağzında daimi bir dağılma halinde bulunsun. «Daimi hal» teriminden c konsantrasyonunun ortalamasının bir med ve cezir devresi boyunca birinden diğerine değişmediği kastedilmektedir. Bu, bahsedilen zaman zarfında nehrin debisi çok az değişir ve nehir ağzına gelen pis su sarfiyatı sabit kalırsa doğrudur. X doğrultusunda, nehir ağzına uzak bir noktada nehrin toplam debisi Q ise, denize doğru birim zamanda akan pis su miktarı (Pis su fluksu) Q · c olur.

Nehrin ağzında, bundan başka med ve cezrin husule getirdiği türbülans mütevellit bir Fluks daha mevcuttur. Mutad olduğu üzere bu türbülans

Fluksu — SA — şeklinde yazılabilir ki burada A(x) dx

çalkantı difüzyon katsayısı olup mevzuubahs madde suda dağılmadan evvel tespit edilmelidir. Ketchum (1) ve Arons-Stommel (2) metodlarının tersine olarak burada A, kabul edilen bir değer değildir.

Denize doğru akan net fluks bu iki fluksun toplamıdır. Yani :

$$F'(x) = Qc - SA \frac{dc}{dx} \dots \dots \dots (1)$$

Eğer nehrin pislenmesine sebep olan madde zamanla götürülmeyecek cinsten ise net F(x) fluksu pis suyun nehre verildiği yerin mansabında sabit bir değerde olmalı, menbânda ise hiç mevcut bulunmamalıdır. Bakteriyel ve atomik artıklar gibi suyun kirlenmesine sebep olan bazı mühim maddeler ise dayanıklı değildirler ve nehrin ağzındaki tesirlerle dağılmaya maruz kalmazlar bile su içinde konsantrasyonlarını muhafaza edemezler.

Zamanla götürmeye maruz kalan cinsten olup suyun pislenmesine sebep olan böyle bir maddenin tecritli bir kap içindeki konsantrasyonu, zamanla, eksponansiyel bir kanuna göre azalabilir, Yani

$$c = c_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \dots \dots \dots (2)$$

(*) Sewage and Industrial Wastes - Vol. 25, No. 9

olur. Burada τ konsantrasyonunun c_0 dan $\frac{c_0}{e}$ değeri-
rine inmesi için lazım olan zamandır. τ süresi suyu
kirlüten maddenin dağılıp kayboluncaya kadar geçen
zamanın yarısından biraz fazladır veya

0,693 τ = yanma müddetinin yarısıdır.

Suyun pislennmesine sebep olan madde çürüyüp
kaybolacak cinsten ise net $F(x)$ fluksu (x) in bütün
değerleri için aynı olmayıp bilakis aşağıdaki tarzda
azalmak mecburiyetindedir.

$$\frac{d}{dx} F(x) = - \frac{S}{c} \tau \quad (3)$$

Daimi hal denklemi (Denklem 1)

$$\frac{d}{dx} (Qc - SA \frac{dx}{dx}) + \frac{S}{\tau} c = 0 \quad (4)$$

şeklinde yazılabilir. Pis suyun mansap yerinde ise

$$\frac{d}{dx} (Qc - SA \frac{dx}{dx}) + \frac{S}{\tau} = \psi \text{ olur.}$$

Burada ψ suyun pislennmesine sebep olan madde-
rin nehre döküldüğü yerdeki debisidir.

Verilen bir madde ve verilen bir nehir ağzı için
Q, S ve τ miktarlarının bilindiği aşikârdır. Eğer A tes-
pit edilebilirse c (x) in dağılıma şekli kolayca hesap
edilebilir.

Çalkantı difüzyon katsayısının tespiti :

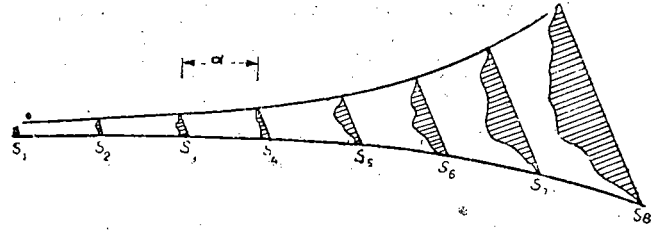
A çalkantı difüzyon katsayısı diğer herhangi bir
maddenin nehir ağzındaki konsantrasyonu hakkında
bilinen bir malûmat yardımıyla bulunabilir. Tatlı su-
yun $f(x)$ konsantrasyonu uygun bir konservatif özel-
liği haizdir. Yeraltı suyunun, yağış veya buharlaşma-
nın önemli olduğu bazı nehir ağızlarında A'nın hesabı
için tatlı su konsantrasyonunu bir vasıta olarak kul-
lanmak hemen mümkün olmaz. Maksada sür'atle ulaş-
mak için tatlı suyun hepsinin tek bir nehirden geldi-
ğini ve bu miktarda başka herhangi bir şekilde pek az
artma veya eksilme olduğunu farzedelim. Bu basit
halin prensipleri anlaşıldığı zaman daha karışık haller
için ne şekilde hareket edileceği aşikâr olacaktır.

(1) denklemdeki c yerine tatlı suyun f konsan-
trasyonu yazılacak olursa, bu halde $F(x) = Q$ oldu-
ğundan dolayı denklem aşağıdaki şekli alır :

$$A = \frac{Q}{S} \frac{df/dx}{(f-1)} \quad (5)$$

Tatlı suyun f konsantrasyonu boyutsuzdur. (Me-
selâ saf temiz su konsantrasyonu 1,0 ile gösterilir; 1
kısım temiz su ve üç kısım deniz suyundan ibaret bir
karışım için $f = 0,25$ dir). Nehrin Q debisi $\text{ft}^3/\text{saniye}$,
çıkış alanı ft^2 ve x doğrultusundaki mesafe ft cin-
sinden verilir. A katsayısının boyutu bu sebepten
 $\text{ft}^2/\text{saniye}$ olur.

A katsayısını hesaplamak için en kolay yol nehrin
ağzını, nehir eksenı boyunca, aralarındaki mesafe eşit
ve a (feet) olan kısımlara (Segmentlere) ayırmakta-
dır. (Şekil : 2).



Şekil : 2 — Difüzyon katsayısının hesabı için nehir ağzının kısımlara ayrılması

(f) in ortalama değeri herbir kısım için ayrı ayrı
gösterilir :

Nümerik hesaplar için, türevi sonlu diferanslar ile
göstererek (5) denklemi

$$A_n = \frac{Q 2a (1 - f_n)}{\sum_{n=1}^N (f_{n-1} - f_{n+1})} \quad (6)$$

şeklinde yazılabilir. Umumiyetle f_n birden ve (f_{n+1})
(f_{n-1}) den küçüktür. Öyle ki (A_n) in pozitif olma-
sı beklenir. Çok uzaklarda menba tarafında (Burada
 $f_n \rightarrow 1$ ve $f_{n-1} \rightarrow f_{n+1}$ dir) A_n değerleri belirsiz olup
bu şekilde tespit edilemez; bu hâl akarsu Okyanusa
açıldıktan sonra da mevzubahsdir.

Nehir suyunun pislennmesine sebep olan maddenin
konsantrasyonunun hesabı :

4 denklemini sonlu diferanslarla yazıp muhtelif
katsayıları bir araya toplayarak

$$P \frac{c}{n-1} + Q \frac{c}{n} + R \frac{c}{n+1} = 0 \quad (7)$$

Burada :

$$F_n = - \frac{1}{2a} \left[Q - \left(\frac{A_{n+1} S_{n+1} - A_{n-1} S_{n-1}}{2a} \right) \right] - \frac{A_n S_n}{a^2}$$

$$Q_n = \frac{2 A_n S_n}{a^2} + \frac{S_n}{\tau}$$

$$R_n = \frac{1}{2a} \left[Q - \left(\frac{A_{n+1} S_{n+1} - A_{n-1} S_{n-1}}{2a} \right) \right] - \frac{A_n S_n}{a^2}$$

Bir tanesi müstesna 7 denklemi bütün noktalar
için caridir. Daha bundan başka munzam şartlar da
vardır. Okyanusta $f = 0$, $c = 0$ olup keza menba ta-
rafta uzaklarda dahi $C = 0$ dır. Pis su mansap yerin-
de bundan başka bir şart daha vardır. Bu yerin menba
ve mansabından geçen pis su fluksları arasındaki fark
bu mansap yerinde nehre ithal edilen pis suyun ψ de-
bisine eşit olmalıdır. Pis su mansabına en yakın olan
seğment $n = s$ ile gösterilebilir.

$n = s$ noktası hariç bütün noktalar için cari olan
(7) denklemi,

$n = s$ için

$$\frac{P}{s} \frac{c}{s-1} + \frac{Q}{s} \frac{c}{s} + \frac{R}{s} \frac{c}{s+1} = \frac{\Psi}{2a} \dots \dots (7a)$$

olur.

Denklemler elde edildikten sonra çözüm relaksasyon metodu ile kolayca icra olunur.

Basit bir misâl, üniform kesitli nehir mansapları :

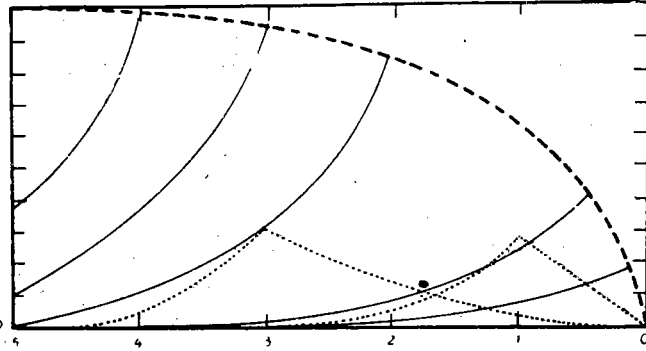
Nümerik bir misâl yapmadan önce, mes'elenin bazı esaslı özelliklerini izah etmek için basit bir misali ele almak faydalı olur. Analitik bir çözüme imkân veren bir misâl seçilmiştir.

$x = 0$ noktasında anı olarak denize açılan ve üniform enkesit alanı S olan bir nehir ağzı nazarı itibara alalım. A çalkantı difüzyon katsayısı sabit ise, tatlı (temiz) su konsantrasyonu pek basit bir analitik şekli haiz olur :

$$f = 1 - e^{-x'} \dots \dots \dots (8)$$

Burada :

$$x' = \frac{Q}{As} x \text{ dir.}$$



Şekil : 3

Uniform kesitli nehir ağzı için hesap neticelerinin gösterilmesi.

Çok uzakta menba tarafında su tamamiyle tatlıdır. ($f = 1$); fakat mansapta nehrin ağzında (şekil 3) de kesikli çizgilerle gösterildiği üzere azalarak $f = 0$ olur. Bu grafikte nehrin ağzı boyunca uzunluklar x' boyutsuz değişkeniyle gösterilmiştir. (x' nehir ağzında negatif değerler alır.)

Şimdi $x = L$ noktasında mevcut bir pis su mansabından mütevellit pis su konsantrasyonunu nazarı itibara alalım. 4 denkleminin analitik çözümü iki ayrı kısımdan müteşekkildir.

$c_1(x)$ pis suyun döküldüğü yerin menba tarafı içindir.

$c_2(x)$ pis suyun döküldüğü yerin mansap tarafı içindir.

$$\frac{c_1(x)}{c(L)} = e^{\frac{k_1(x' - L')}{L}} \dots \dots \dots (9)$$

$$\frac{c_2(x)}{c(L)} = \frac{\frac{k_2 x'}{e} - \frac{k_1 x'}{e}}{\frac{k_2 L'}{e} - \frac{k_1 L'}{e}} \dots \dots \dots (9a)$$

Burada

$$c(L) = c_0 \left(e^{\frac{k_2 L'}{L}} - e^{\frac{k_1 L'}{L}} \right)$$

$$k_1 = \frac{1}{2} (1 + \sqrt{1+Z})$$

$$k_2 = \frac{1}{2} (1 - \sqrt{1+Z})$$

$$Z = 4 AS^2 / (\tau Q^2)$$

$$C_0 = \frac{\Psi}{Q}, L' = \frac{Q}{AS} L$$

c_0 miktarı hiç difüzyon veya çürüme olmaması halinde mevzu bahis maddenin pis su mansap yerindeki konsantrasyonunu gösterir. Yani nehir suları ile basit bir karışım halidir.

Şekil 3 bu çözümlerin bir kısmını göstermektedir. Apsisler boyutsuz değişkenlerle ifade edilmiştir. Okyanus sağ tarafta en uçta gösterilmiştir. Menba istikameti sol tarafa doğrudur. Kesikli çizgiler temiz nehir suyunun f konsantrasyonu için (8) denkleminin çözümünü verir.

$x = -4, -3, -2, -1, -0.5$ ve -0.2 noktalarında nehre ithal edilen çürümeye ve parçalanmaya karşı mukavim maddelerin suda dağılması probleminin çözümü koyu çizgilerle gösterilmiş olup, kesikli çizgilerle gösterilen eğri üzerinde son bulurlar. Bu noktalar, bu maddelerin nehre ithal edildiği mansap yerlerini gösterir. Mansap yerinin alt tarafında çözüm, kesikli çizgi ile gösterilen eğriden ibarettir.

İNŞAAT MÜHENDİSLERİ ODASI BİNA FONUNA YAPILAN BAĞIŞLAR

1 — Talât AREL	100.— T.L.
2 — Selâhattin GÜNSELİ	100.— T.L.
3 — Celâl OLCAY	200.— T.L.
4 — Kemal NOYAN	100.— T.L.
5 — Kâmil SENER	100.— T.L.
6 — Fasih ONARMAN	100.— T.L.
7 — Seyfi GÜRÇAY	200.— T.L.
8 — Oktay ATASÜ	100.— T.L.

Toplam : 1.000.— T.L.

Sayın üyelerin yapacakları yardımları, Ziraat Bankası Ankara - Yenışehir Şubesinde açılan 13795 numaralı hesaba yatırmaları rica olunur.