YERALTISUYU İŞLETME ESASLARI



Beslenme (Recharge) = Boşalma (Discharge)

İşletmeye açılan akiferlerde ilk aşamada yeraltısuyu seviyesi yeryüzüne çok yakınsa, su çekimi ile birlikte su seviyesi düşer ve bunun sonucunda yeraltısuyundan buharlaşma azalır. Dolayısıyla genellikle yeraltısuyunun beslenmesi artar.

Bu durumda yeraltısuyu bilançosu;

$$R + dR = D - dD + q + Sdh/dt$$

dR: Beslenmedeki artış
dD: Boşalmadaki azalma
q: Su çekimi
S: Özgül verim
dh: Yeraltısuyu seviyesindeki değişim
dt: Zaman farkı

Belli bir süre geçince akiferde denge kurulur ve

$$S \frac{dh}{dt} = 0$$

$R = D$ olduğundan;

$$q = dD + dR$$

AKİFERLERDE BÜTÇE (BİLANÇO) HESAPLARI

Yeraltısuyu rezervuarları (akiferler) bir taraftan yağıştan beslenirken diğer taraftan çeşitli şekillerde boşalırlar. Akiferin yüzeysel drenaj alanı ile yer altı drenaj alanı çakışıyorsa beslenme ile boşalma arasında kısa sürelerde yer altı suyu bütçesi (bilançosu):

Beslenme = Boşalma ± rezerv değişimi

şeklinde yazılabilir. Ancak uzun sürelerde:

Beslenme = Boşalma eşitliği gerçekleşir.

Fakat özellikle karstik akiferlerde akiferin yer altı drenaj alanı yerüstü drenaj alanından büyük olabilir ve akiferde yeraltından içe akış şeklinde beslenme olabilir. Bu durumda yalnız yüzeysel drenajı dikkate alan bütçe hesaplaması denk bütçeyi oluşturmaz.

YERALTISUYUNUN BESLENMESİ

Yeraltısuyunun beslenmesi;

-yağıştan beslenme,

-akıştan beslenme ve içe akış,

-sulamadan dönen sular,

-suni beslenme

-şebeke kayıplarının

oluşturduğu beslenme olanaklarının bütününü oluşturur.

Yağıştan Beslenme



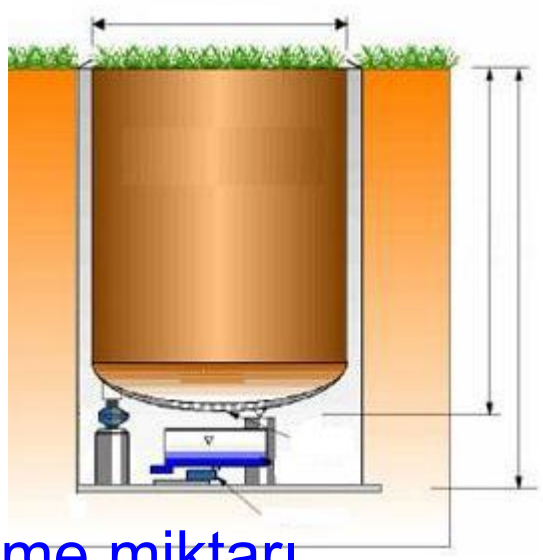
- **Ayrık Taneli Akiferlerde:**

Yeraltısuyunun yağıştan beslenebilmesi için önce yağışın yeryüzüne ulaşması gerekir. Doğal bitki örtüsü ve özellikle ormanlar, binalar, asfalt yollar ve meydanlar bunu engeller.

Daha sonra önce akifer yüzeyinin ve sonra yeraltısu seviyesinin üzerindeki zonun belli bir kalınlığının su ile doygun hale gelmesi gerekir. Bu zonun doygun hale gelmesi için gerekli su yüksekliği 100 mm varsayılır.

Yağıştan Beslenme

Ancak bu zon doygun hale geldikten sonra fazla su oluşur ve yeraltısuyu beslenmesi gerçekleşir. Bitki örtüsü ve arazinin eğimi süzülmeyi olumsuz yönde etkilerken, yağışın kar şeklinde oluşu, arazideki teraslama ve tarımsal etkinlikler süzülmeyi artırır.



Arazide **lizimetre** denilen aletlerle beslenme miktarı belirlenebilir. Ancak yersel olarak süzülme değişim gösterdiğinden pratikte kullanımı çok uygun değildir. Ülkemizde potansiyel buharlaşma terleme miktarları Thornthwaite veya Penman yöntemleri ile belirlenerek gerçek buharlaşma değeri ve fazla su miktarı bilanço ile belirlenir. Akiferin özellikleri, boşalımı ve hidrolik katsayıları dikkate alınarak **Fazla suyun** belli bir yüzdesinin yeraltına süzüldüğü varsayılır. Havzada genellikle belli bir miktar su akışa geçtiği için fazla suyun tamamının süzülmesi beklenemez.

Yağıştan Beslenme

- **Kaya Akiferlerde:** Bu tür akiferlerde yeraltısuyunun beslenebilmesi için yüzeyde doygun bir zonun oluşması koşulu yoktur. Özellikle kırıklı çatlaklı olmaları halinde kısa süreli yağıştan da kolayca beslenebilirler.



Genellikle bu akiferlerde süzülme oranı %5-10 civarındadır. Ancak kırıklı çatlaklı olmaları halinde bu oran %25'e karstik kireçtaşlarında ise %50'ye kadar çıkabilir.

Akıştan Beslenme

Havzanın drenaj alanına düşen yağışın bir kısmı akışa geçerek ovaya veya havzaya ulaşır. Havzaya ulaşan suyun beli bir yüzdesi yeraltına süzülür.

Ülkemizde akış yüzdesi (akış/yağış oranı) ortalama %35 civarındadır.

Bu oran Karadeniz ve Akdeniz sahillerinde bu değer veya üzerinde, İç Anadolu'da ise altındadır.



Akış aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

Akış (A) = P – Etr

Burada; P: Yağış (mm)

Etr: Gerçek buharlaşma-terleme (mm) dir.

Bir akiferde akıştan beslenme hesaplanırken aşağıdaki eşitlik kullanılır:

Beslenme = Drenaj alanı x Akış x Akış Katsayısı

Akış katsayısı, belli bir süredeki akış yüksekliğinin aynı süredeki yağış yüksekliğine oranına denir.

Akış katsayısı akifer cinsine göre değişiklik gösterir. Ülkemizde bu değer %5-20 arasında kullanılır.

Kaya akiferlerde akıştan beslenme genellikle %5-10 civarındadır. Çok çatlaklı ve karstik akiferlerde bu oran artar

Diğer Beslenme Yolları

a- İçe Akış

Drenaj alanına düşen yağışın bir kısmı buharlaşır, diğer bir kısmı akışa geçer ve geri kalan sınırlı bir miktar su ise yeraltına süzülür.

Drenaj alanında süzülen su ile yeraltından beslenme, akifer için içe akıştır.

Genellikle hesaplanması zordur. Havzadaki en dış yeraltısu seviyesi eğrisinden yararlanarak tahmin edilmeye çalışılır.

Yeraltısuyu drenaj alanı yerüstü drenaj alanından büyükse, akifere komşu alanlardan gelen beslenme de içe akış olarak değerlendirilir.

b-Sulamadan Dönen Sularla Beslenme

Özellikle yayma yöntemi ile sulanan alanlarda sulama suyunu belli bir bölümü (yaklaşık %10'u) yeraltısuyunu besleyebilir.



Sulamada kullanılan su belli ise beslenme bu değerin %10'u alınarak tahmin edilir.



Bunun dışında toplam sulanan arazi biliniyorsa örneğin 1 hektar için kullanılan su dikkate alınarak kullanılan toplam su ve süzülmesi olası su miktarı olarak hesaplanır.



Ürün cinsine göre değişmekle birlikte ortalama olarak;
1 hektar arazi için gerekli su miktarı 10 000 m^3/yıl civarındadır.



c- Şebeke Kayıpları

Özellikle büyük yerleşim merkezlerin üzerinde yer aldığı akiferlerde su şebekelerinden kaçaklar olabilir. Beslenme miktarı ilgili kuruluşlardan öğrenilebilir. Ayrıca atık su şebekesi olmayan küçük yerleşim yerlerine yakın serbest akiferler bu atık suyun tamamı ile beslenebilir.

d- Suni Beslenme

Akifer suni olarak besleniyorsa bu beslenim su bütçesinde dikkate alınmalıdır. Miktarı beslenmeyi gerçekleştiren kuruluştan öğrenilebilir.

YERALTISUYUNUN BOŞALIMI

1- Yeraltından Dışa Akış

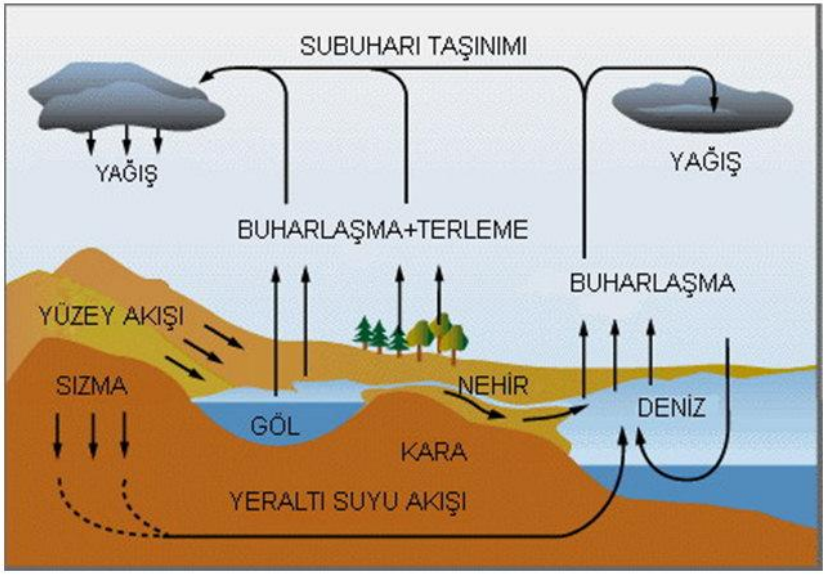
Yeraltısuyu havzayı yeratlından terk ediyorsa boşlama Darcy Kanunu kullanılarak bulunabilir.

Bunun için yer altı su tablası haritasından boşalma noktasına yakın bir alanda uygun bir yeraltsı su seviyesi konturu seçilerek boşalma miktarı;

$$Q = T\dot{I}L$$

eşitliğinden bulunabilir.

2- Yeraltından Buharlaşma-Terleme



Yeraltından buharlaşma hesaplanırken yeraltı suyu seviyesinin 0-2 m arasında olduğu alanlar tespit edilir. Bunun nedeni yeraltı suyundan buharlaşmanın en fazla 2 m derinde olduğu varsayımıdır. Gerçekte kökleri daha derine inen bitkilerin olması durumunda buharlaşma daha derinden de gerçekleşir.

Buharlaşma hesabında Penman bilançosundaki “Eksik su”dan yararlanılır. Yeraltısuyunun yeryüzünde olması halinde eksik suyun tamamı buharlaşma olarak kabul edilirken, yeraltısuyu seviyesinin 2 m ve daha derinde olması halinde eksik suyun belli bir yüzdesi kadar suyun buharlaştığı varsayılarak hesap yapılır.

3- Suni Boşalım

Kuyular veya çeşitli kaptaj sistemleri ile boşalımdır. Arazide yerleri belirlenen kuyuların her birinden çekilen su miktarı belirlenir. İnsan içme ve kullanma suyu olarak kullanılan miktar belirlenir. Bu değerler bütçede boşalım kısmında değerlendirilir.

4- Akarsuya Boşalım

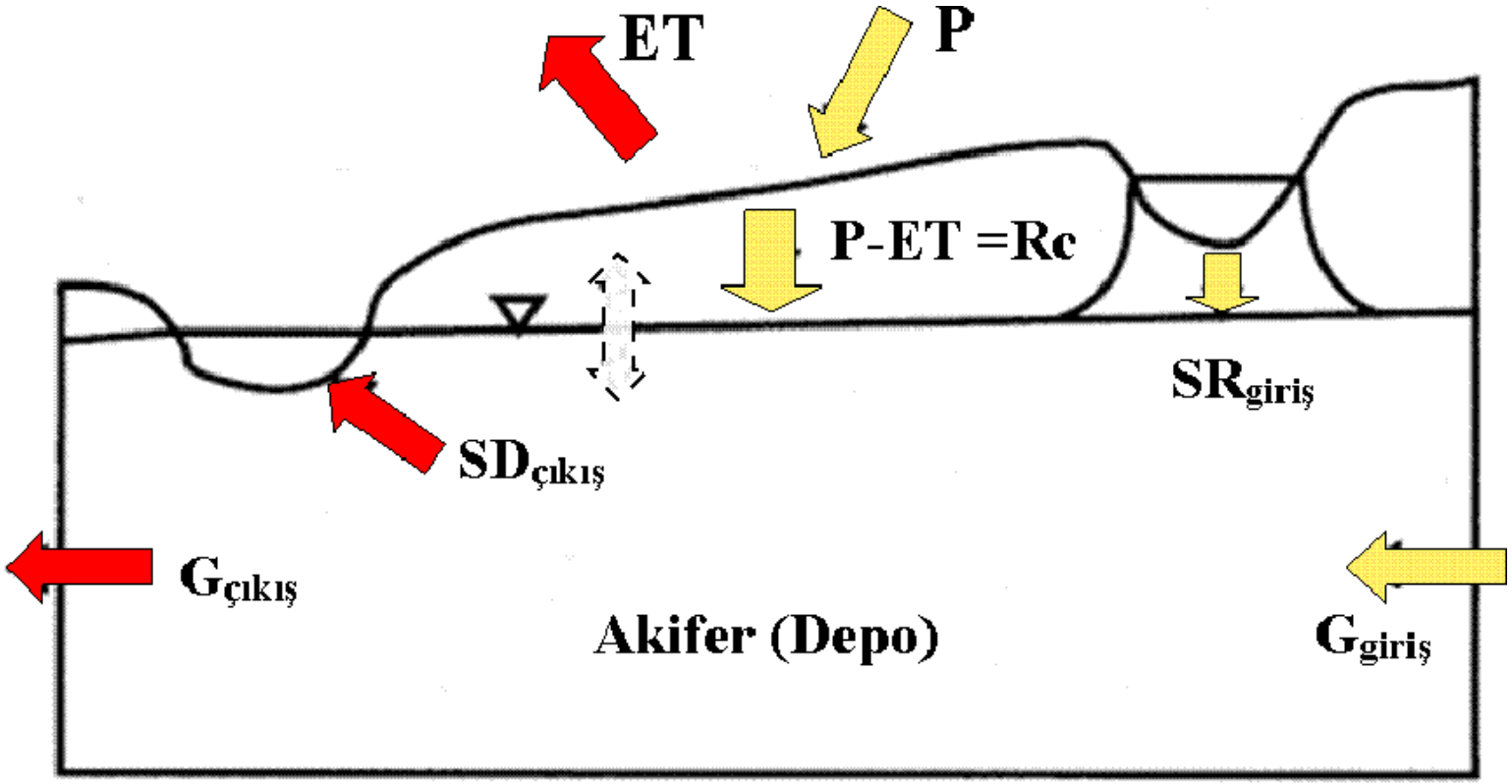
Bir akrsu tarafından drene edilen bir havzada yeraltısuyunun boşalımının bulunması, özellikle akiferin hidrolik parametrelerinin yeterince bilinmediği ve yeraltısu tablası haritasının sağlıklı yapılamadığı takdirde önem kazanır. Akarsu hidrograflarından yararlanarak akarsuya yeraltısuyu boşalımının (baz akımının) bulunması için uzun süreli baz akımı analizleri yapılır. Yeraltısuyu bütçeleri hazırlanırken tüm hidrolojik yılı kapsayan uzun süreli baz akımı yöntemleri kullanılır.

YERALTISUYU BÜTÇESİNİN HAZIRLANMASI

Akiferlerde bilanço hesaplarında amaç, herhangi bir zaman peryodu içerisinde akifere giren ve akiferden çıkan su miktarını, mm su yüksekliği veya m^3 gibi hacim birimi cinsinden ifade etmektir.

İyi bir bilanço hazırlayabilmek için aşağıdaki bilgilere gereksinim vardır:

- akiferin geometrisi
- akiferin hidrolik parametreleri (T ve S gibi)
- yağışlı ve kurak mevsimlere ait yeraltısu tablası haritası



Girdiler = SRgiriş + Rc +Ggiriş
Çıktılar = SDçıkış + Gçıkış

Dengede; Girdiler = Çıktılar

SDçıkış= akarsu beslenimi
SDgiriş= akarsu boşalım
Rc= yeraltı suyu beslenim

BİLANÇONUN ELEMANLARI

GİRİŞ ELEMANLARI (AKTİF)

1- Doğal Girişler

P : Yağış (yağmur ve kardan oluşan)
O : Gizli yağış (çiğ, kırağı)
Q'r : Akarsu ve göl gibi serbest su depolarından akifere giren su miktarı
Q'n : Komşu akiferlerden gelen su miktarı
Δ's : Akifer rezervindeki değişiklikten dolayı giren su
Δ'a : Havalandırma zonunda meydana gelen değişme
Δ'sn' : Basınçlı akiferde akiferin elastik genişlemesi ile giren su
Δ's' : daha önce depolanmış olan kar ve buzun erimesiyle havzaya giren su

2- Yapay Girişler

Q’a1 : Sulama sularından dolayı havzaya giren su

Q’a2 : Kanallardan sızan su

Q’a3 : Çeşitli hizmetlerde ve sanayide kullanılarak havzaya gelen su

ÇIKIŞ ELEMANLARI (PASİF)

1-Doğal Çıkışlar

Etr : Gerçek buharlaşma-terleme

Qr : Gerçek akış (yüzeysel akış, yüzeyaltı akış, gecikmiş akış)

Qnr : Yeraltısuyu akımı (baz akımı)

Qns : Kaynaklardan çıkan su

Qnn : Akiferin mansap tarafından çıkan su

Qnn' : Komşu akiferlere giren su

Toplam akış $QR = Qr + Qnr$

Akirferin debisi $QN = Qnr + Qns + Qnn + Qnn'$

Δs: Akifer rezervindeki değişiklikten dolayı çıkan su

Δsa: Doymamış bölgeden çıkan su

Δsn: Doygun bölgeden çıkan su

$\Delta sn'$: Basınçlı akiferdeki elastik daralmadan çıkan su

2- Yapay Çıkışlar

Qa1: Drenajla akiferden çıkan su

Qa2: Kanallara boşalan su

Qa3: Pompajla akiferden çekilen su

Doğal Girişler	**Doğal Çıkışlar**
P O Q’r Q’n Δ’s Δ’a Δ’sn’ Δ’s’	Etr Qr Qnr Qns Qnn Qnn’ Δsn’ Δsn Δsa Δs’
Yapay Girişler	**Yapay Çıkışlar**
$Q'a_1$ $Q'a_2$ $Q'a_3$	Qa_1 Qa_2 Qa_3

Tablodaki bütçenin denk olabilmesi için, yüzeysel drenaj alanı ile yer altı drenaj alanı çakışan havzalarda aşağıdaki eşitlik denk olmalıdır:

Yağış = Akış + Yeraltısuyu Boşalımı + Buharlaşma

Akış ve yeraltısuyu boşalımı, akarsudaki toplam boşalıma eşit olduğundan, ova ve drenaj alanına düşen toplam yağıştan akarsudaki toplam akım çıkarılarak gerçek buharlaşma bulunabilir ve bütçe tamamlanır.

Ayrıca tablo dan yararlanarak sızma miktarı aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir:

$$I = P - Etr - Qr + \Delta's + \Delta's' - \Delta s - \Delta s'$$

I: Sızma miktarı