

SULAMA-TEMEL KONULAR

(SULAMA SİSTEMLERİNİN TASARIMI DERSİ İÇİN)

PROF. DR. SÜLEYMAN KODAL, PROF. DR. Y. ERSOY YILDIRIM

1. HAFTA

Bitki Su Tüketimi

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Eşitlikte;

ET : bitki su tüketimi, mm

K_c : bitki katsayısı

ET_o : referans bitki su tüketimi, mm

Damla Sulamada Bitki Su Tüketimi

Damla sulama için bitki su tüketimi, aşağıdaki eşitlikle belirlenmektedir:

$$T = ET (P_s/85)$$

Eşitlikte;

T : damla sulama yönteminde bitki su tüketimi, mm

ET : bitki su tüketimi (bilinen yaklaşımlarla hesaplanan), mm

P_s : bitki tarafından gölgelenen alan yüzdesi dir.

Bitki Tarafından Gölgelenen Alan Yüzdesi

Bitkiler	Gölgelenen Alan Yüzdesi, P _s (%)
Sebzeler, Çilek, Tarla Bitkileri	80
Bağ, Sık Dikilen Meyve Ağaçları (Sıra Arası<4 m)	75
Geniş Dikilen Meyve Ağaçları (Sıra Arası>=4 m)	70

Sulama Suyu İhtiyacı

Sulama suyu ihtiyacı net olarak veya su uygulama randımanı ve su iletim randımanlarıyla düzeltilerek brüt (toplam) olarak hesaplanabilir. Sulama suyu ihtiyacı aşağıdaki koşullar için belirlenebilir:

- Belirli bir bitkiye belirli bir zaman diliminde (aylık, on günlük veya günlük) verilmesi gereken sulama suyu ihtiyacı: Bitki su tüketimine ve etkili yağışa göre hesaplanır.
- Proje alanına, alandaki bitki desenine göre, belirli bir zaman diliminde (aylık, on günlük veya günlük) verilmesi gereken sulama suyu ihtiyacı: Bitki su tüketimine, bitki desenine (proje alanında yetiştirilen bitkiler ve ekiliş oranlarına) ve etkili yağışa göre hesaplanır.
- Belirli bir bitkinin kök bölgesindeki toprağa her sulamada verilmesi gereken sulama suyu ihtiyacı: Toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesine, bitkinin etkili kök derinliğine, sulamaya başlanacak nem düzeyine göre belirlenir.

Bitkiye belirli bir zaman diliminde verilmesi gereken sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi:

Belirli bir bitkiye belirli bir zaman diliminde (aylık, on günlük veya günlük) verilmesi gereken net sulama suyu ihtiyacı, bitki su tüketiminden etkili yağışın çıkartılmasıyla elde edilmektedir.

$$d_n = ET - R_e$$

Eşitlikte;

- dn : net sulama suyu ihtiyacı (mm/dönem)
ET : bitki su tüketimi (mm/dönem)
Re : etkili yağış (mm/dönem) dir.

Toplam sulama suyu ihtiyacı (dt) ise, net sulama suyu ihtiyacının su uygulama (Ea) ve su iletim (Ec) randımanlarına oranlanması ile bulunur:

$$dt = dn / (Ea \cdot Ec)$$

Eşitlikte;

- dt : toplam sulama suyu ihtiyacı (mm/dönem)
dn : net sulama suyu ihtiyacı (mm/dönem)
Ea : su uygulama randımanı
Ec : su iletim randımanı dir.

Proje alanına belirli bir zaman diliminde verilmesi gereken sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi:

Bitki su tüketimine, bitki desenine (proje alanında yetiştirilen bitkiler ve ekiliş oranlarına) ve etkili yağışa göre hesaplanmaktadır.

$$dn_{ort} = ET_{ort} - Re$$

Eşitlikte;

- dnort : proje alanı ortalama net sulama suyu ihtiyacı (mm/dönem)
ETort : proje alanı ortalama bitki su tüketimi (mm/dönem)
Re : etkili yağış (mm/dönem) dir.

Sulama Modülü:

Sulama modülü, sulanacak parsel veya sulama alanı için birim alanda ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarını (debiyi) ifade eder ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$q = 10 dt / (3.6 T)$$

Eşitlikte;

- q : sulama modülü (lt/sn/ha)
dt : toplam sulama suyu ihtiyacı (mm/dönem)
T : sulama süresi (saat) dir.

Eşitlikte yer alan T değeri parsele dt miktarındaki suyun verilmesi için gerekli sulama süresidir. Sulama modülü genellikle her ay için ayrı hesaplanır. Bu nedenle T değeri olarak ayın gün sayısı ile bir gün içinde sulama yapılacak sürenin çarpımı ile bulunan toplam saat değeri yazılır. Büyük sulama projelerinde gün boyunca yani günde 24 saat sulama yapılacağı kabul edilir.

Kanal kapasitesi:

Su iletim sisteminin (açık kanal veya basınçlı boru sisteminin) kapasitesi yani debisi aşağıdaki eşitlikle hesaplanır:

$$Q = q A$$

Eşitlikte;

- Q : kanal kapasitesi (lt/sn)
q : sulama modülü (lt/sn/ha)
A : Proje alanı büyüklüğü (ha) dür.

Projeleme aşamasında kanal kapasitesi farklı aylar için hesaplanan modül değerlerinin maksimumuna göre belirlenir.

Örnek Problem 1: Proje Alanı Sulama Suyu İhtiyacının, Sulama Modülünün ve Kanal Kapasitesinin Belirlenmesi

Verilen:

Bir proje alanında yetiştirilen bitkiler, bitkilerin ekiliş oranları ve temmuz ayı bitki su tüketimleri aşağıda verilmiştir. Proje alanının büyüklüğü 15 000 ha dır. Temmuz ayı yağış değeri 14 mm dir. Toprak özelliklerine göre her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı 75 mm dir. Toplam sulama randımanı % 50 dir.

Bitkiler	Ekiliş oranı (%)	Temmuz ayı bitki su tüketimi (mm)
Domates	10	242
Yonca	10	254
Ş. Pancarı	25	275
Buğday	15	-
Patates	40	234

İstenen:

Proje alanı temmuz ayı sulama suyu ihtiyacının, sulama modülünün ve kanal kapasitesinin belirlenmesi

Çözüm:

1. Proje alanı için temmuz ayı ortalama bitki su tüketimi 212 mm olarak bulunmuştur. Ekiliş oranı toplamı % 100 dür. Temmuz ayında buğday hasat edildiği için su tüketimi yoktur.

Bitkiler	Ekiliş oranı, EO	Bitki su tüketimi, ET (mm/ay)	Ort. Bitki su tüketimi, ETort= ETxEO (mm/ay)
Domates	0,10	242	24,2
Yonca	0,10	254	25,4
Ş. Pancarı	0,25	275	68,8
Buğday	0,15	-	0,0
Patates	0,40	234	93,6
Proje alanı	1,00		212,0

2. Proje alanı için temmuz ayı net sulama suyu ihtiyacı 198 mm, toplam sulama suyu ihtiyacı 396 mm olarak hesaplanmıştır.

Ort. Bitki su tüketimi, ETort=ETxEO (mm/ay)	Yağış, R (mm/ay)	Etkili yağış, Re (mm/ay)	Net sulama suyu ihtiyacı, dn=ETort-Re (mm/ay)	Sulama randımanı, E	Toplam sulama suyu ihtiyacı, dt=dn/E (mm/ay)
212	14	14	198	0,5	396

1. Proje alanı için temmuz ayında sulama modülü 1,48 olarak hesaplanmıştır. Sulama süresi temmuz ayı için 31 gün ve günde 24 saat sulama yapılacağı kabul edilerek hesaplanmıştır. Eğer temmuz ayına ilişkin sulama modülü diğer aylara oranla en yüksek ise (pik ay) proje alanına suyu iletecek olan sulama sisteminin (açık kanal veya basınçlı boru sisteminin) kapasitesi 22,2 m³/sn olacaktır.

Toplam sulama suyu ihtiyacı, dt (mm/ay)	Sulama süresi, T=31x24 (saat)	Sulama modülü, q (lt/sn/ha)	Alan, A (ha)	Kanal kapasitesi, Q=qA (lt/sn)	Kanal kapasitesi, Q (m ³ /sn)
---	-------------------------------	-----------------------------	--------------	--------------------------------	--

396	744	1,48	15000	22171,8	22,2
-----	-----	------	-------	---------	------

Toprak Verileri:

Toprak tanelerinin özgül ağırlığı (G_s): Toprak taneleri hacim ağırlığının +4 °C deki saf suyun hacim ağırlığına oranıdır, bu nedenle boyutsuzdur. Toprakların özgül ağırlığı organik madde içeriği ve toprağı oluşturan minerallerin cinsine (kuvars, feldspat, silikat) göre 2,40-2,75 arasında değişir, ortalama 2,65 alınabilir.

Toprak tanelerinin hacim ağırlığı (γ_s): Belirli bir toprak örneğinde, toprak taneleri ağırlığının toprak taneleri hacmine oranıdır. Ortalama 2,65 g/cm³ alınabilir.

Toprağın (toprak örneğinin) hacim ağırlığı (γ_t): Belirli bir toprak örneğinde, kuru ağırlığın (su olmadığı için toprak taneleri ağırlığının) toplam örnek hacmine oranıdır. Diğer bir deyişle birim hacimdeki toprak örneğinin kuru ağırlığıdır. Toprağın hacim ağırlığı toprak bünyesine, yapısına ve sıkışma durumuna göre değişim gösterir. Ağır bünyeli (killi) topraklarda hacim ağırlığı daha düşük (örneğin 1,20 g/cm³) iken hafif bünyeli topraklarda daha yüksektir (örneğin 1,50 g/cm³).

Porozite (n): Toprak örneğindeki boşluk (gözenek) hacminin örneğin toplam hacmine oranının yüzde cinsinden ifadesidir.

Gözenek (boşluk) oranı (e): Toprak örneğindeki boşluk hacminin, toprak taneleri hacmine oranının yüzde cinsinden ifadesidir.

Doyma derecesi (satürasyon) (S): Toprak örneğindeki su hacminin, boşluk hacmine oranının yüzde cinsinden ifadesidir.

Bu değerlere ilişkin formüller aşağıda gösterilmiştir.

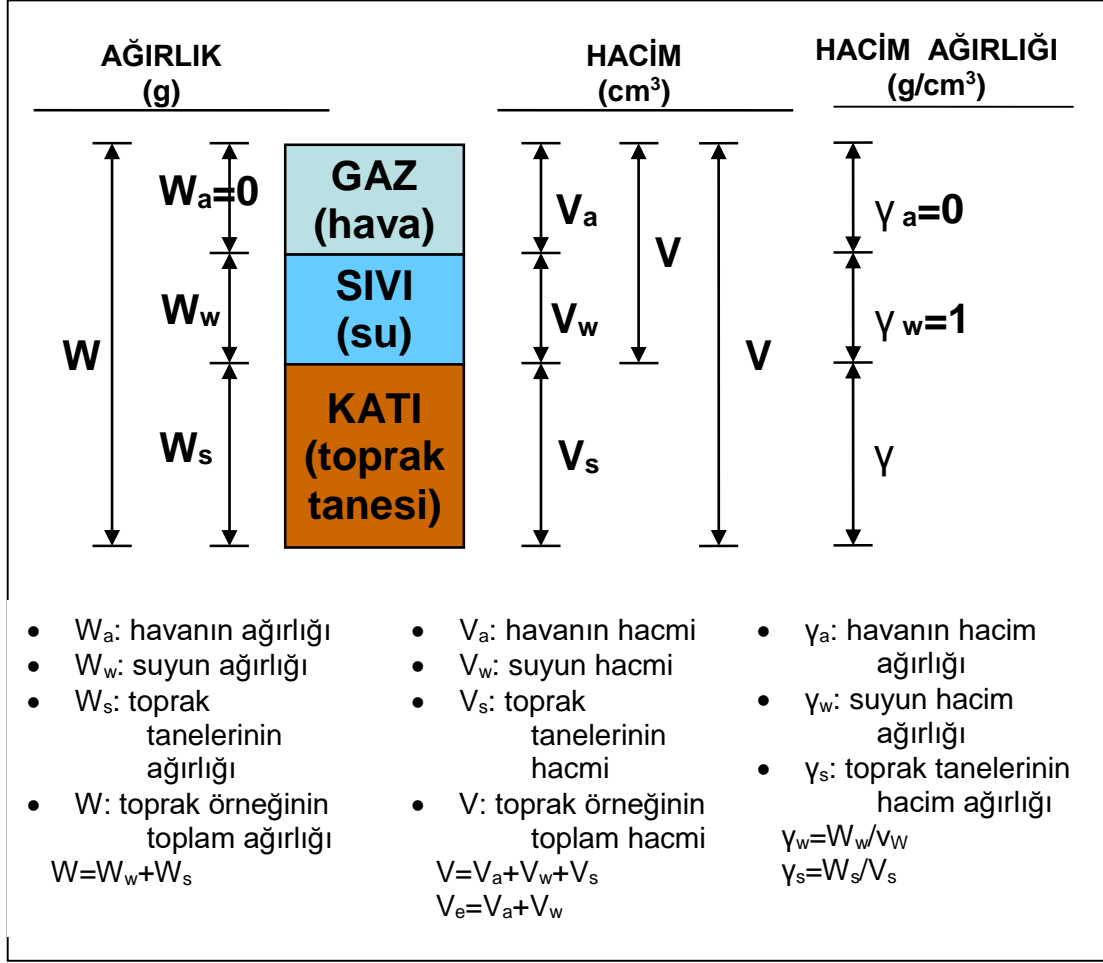
$$G_s = \gamma_s / \gamma_w = W_s / (V_s \gamma_w) = W_s / V_s$$

$$\gamma_t = W_s / V$$

$$n = 100 (V_e / V)$$

$$e = 100 (V_e / V_s)$$

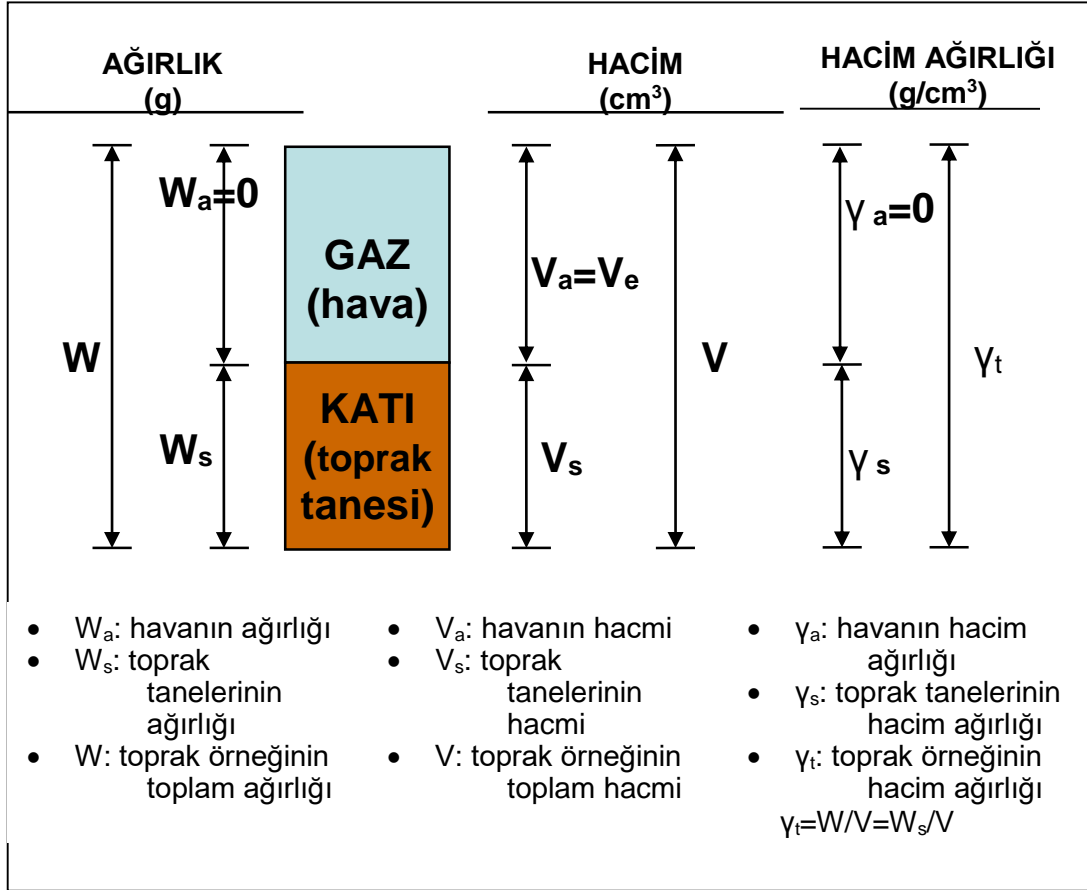
$$S = 100 (V_w / V_e)$$



Toprak fazlarının ağırlık, hacim ve hacim ağırlığı değerlerinin grafiksel gösterimi

Eşitliklerde;

- G_s : toprak tanelerinin özgül ağırlığı
- W_s : toprak tanelerinin ağırlığı (g)
- V_s : toprak tanelerinin hacmi (cm³)
- γ_s : toprak tanelerinin hacim ağırlığı (g/cm³)
- V_w : toprakta (toprak örneğinde) bulunan suyun hacmi (cm³) dir.
- γ_w : suyun (+ 4 oC deki saf suyun) hacim ağırlığı (g/cm³)
- V : toprağın (toprak örneğinin) hacmi (cm³)
- n : porozite (%)
- V_e : toprak örneğinin boşluk (gözenek) hacmi (cm³)
- e : gözenek (boşluk) oranı (%)
- S : doyma derecesi (satürasyon) (%) değerlerini göstermektedir.



Kuru toprakta toprak fazlarının ağırlık, hacim ve hacim ağırlığı değerlerinin grafiksel gösterimi

Toprak Nemi İfade Şekilleri

Toprak nemi ağırlık yüzdesi, hacim yüzdesi, derinlik ve toprak rutubet gerilimi cinsinden olmak üzere genellikle dört farklı şekilde ifade edilmektedir.

- Ağırlık (kuru toprak ağırlığı) yüzdesi cinsinden (P_w , %): Topraktaki nem miktarı, toprak kuru ağırlığının yüzdesi cinsinden ifade edilir, 100 g toprakta kaç g su bulunduğunu gösterir.
- Hacim yüzdesi cinsinden (P_v , %): Toprak hacminin yüzdesi cinsinden ifade edilir, 100 cm³ hacmindeki toprak örneğinde kaç cm³ su bulunduğunu gösterir. Hacim yüzdesi cinsinden nem miktarı, ağırlık yüzdesi cinsinden nem miktarı ile hacim ağırlığının çarpımına eşittir.
- Derinlik (su yüksekliği) cinsinden (d , mm): birim toprak derinliği ($D=1 \text{ m}=100 \text{ cm}$) veya belirtilen toprak derinliği (D , cm) için su derinliği cinsinden ifade edilir.
- Toprak rutubet gerilimi (tansiyon) cinsinden ifade (atm, b, kg/cm², m, cm, pF)

Bu ifadelerle ilişkin eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$P_w = (W_{yaş} - W_{kuru}) / W_{kuru}$$

veya

$$P_w = W_w/W_s = (W - W_s)/W_s$$

$$P_v = V_w/V = (W_w/\gamma_w)/(W_s/\gamma_t) = (W_w/W_s) \cdot (\gamma_t/\gamma_w) = (P_w) \cdot (\gamma_t/1) = P_w \cdot \gamma_t$$

$$\gamma_t = W_s/V$$

$$d = P_w \cdot \gamma_t \cdot D = P_v \cdot D$$

Eşitliklerde;

P_w	: toprakta bulunan nem miktarının ağırlık yüzdesi cinsinden ifadesi (%)
$W_{yaş}$: toprak örneğinin yaş ağırlığı (g)
W_{kuru}	: toprak örneğinin yaş ağırlığı (g)
W_w	: suyun ağırlığı (g)
W_s	: toprak tanelerinin ağırlığı (g) (toprak örneğinin kuru ağırlığına eşittir)
W	: toprağın (toprak örneğinin) ağırlığı (g) (toprak örneğinin yaş ağırlığına eşittir)
P_v	: toprakta bulunan nem miktarının hacim yüzdesi cinsinden ifadesi (%)
V_w	: suyun hacmi (cm ³)
V	: toprak örneğinin toplam hacmi (cm ³)
γ_w	: suyun hacim ağırlığı (g/cm ³)
γ_t	: toprağın (kuru toprak örneğinin) hacim ağırlığı (g/cm ³)
γ_s	: toprak tanelerinin hacim ağırlığı (g/cm ³)
d	: toprakta bulunan nem miktarının derinlik cinsinden ifadesi (mm)
D	: toprak derinliği (mm) dir.

Örnek Problem 2: Toprak Özelliklerinin Hesabı

Verilen:

Bir parselden alınan toprak örneğinin bozulmadan önceki hacmi 70 cm³ tür. Toprak örneğinin ağırlığı (yaş ağırlığı) 122 g olarak ölçülmüştür. Toprak örneği 105 °C de kurutulduktan sonra 104 g gelmiştir.

İstenen:

- Toprak örneğinin alındığı anda toprakta bulunan nem miktarının ağırlık yüzdesi cinsinden ve
- Hacim yüzdesi cinsinden belirlenmesi
- Birim toprak derinliğindeki (D=1 m = 100 cm) nem miktarının derinlik (su yüksekliği) cinsinden belirlenmesi
- Topraktaki mevcut su miktarının hacim yüzdesi cinsinden % 30 a çıkartılması için birim toprak derinliğine ilave edilmesi gereken su miktarının belirlenmesi

Çözüm:

1. Ağırlık yüzdesi cinsinden nem miktarı:

Toprak örneğinin hacmi: $V = 70 \text{ cm}^3$

Toprak örneğinin yaş ağırlığı: $W = 122 \text{ g}$

Toprak örneğinin kuru ağırlığı: $W_s = 104 \text{ g}$

Topraktaki suyun ağırlığı: $W_w = W - W_s = 122 - 104 = 18 \text{ g}$

$P_w = (W - W_s) / W_s = (122 - 104) / 102 = (18) / 102 = 0.173 = \% 17,3$ (100 g kuru toprakta 17,3 g su var demektir)

2. Hacim yüzdesi cinsinden nem miktarı:

Toprağın (kuru toprak örneğinin) hacim ağırlığı: $\gamma_t = W_s / V = 104 / 70 = 1,49 \text{ g/cm}^3$

$P_v = P_w \cdot \gamma_t = (0,173) \cdot (1,49) = 0,258 = \% 25,8$

Veya;

$V_w = W_w / \gamma_w = 18 / 1 = 18 \text{ cm}^3$

$P_v = V_w / V = 18 / 70 = 0,258 = \% 25,8$ (100 cm³ toprakta 25,8 cm³ su var demektir)

3. Birim toprak derinliğindeki nem miktarı:

Toprak derinliği: $D = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$

$d = P_v \cdot D = (0,258) \cdot (1000) = 258 \text{ mm/m}$ (1 m toprak derinliğinde 258 mm su vardır)

4. İlave edilmesi gereken su miktarı:

Mevcut nem: $P_v = \% 25,8$

İstenen nem: $P_v = \% 30,0$

Fark: $P_v = 30,0 - 25,8 = \% 4,2$

İlave edilmesi gereken su miktarı: $d = P_v \cdot D = (0,042) \cdot (1000) = 42 \text{ mm}$

Veya:

Mevcut nem: $d = 258 \text{ mm/m}$

İstenen nem: $d = P_v \cdot D = (0,30) \cdot (1000) = 300 \text{ mm/m}$

İlave edilmesi gereken su miktarı: $d = 300 - 258 = 42 \text{ mm}$