

SULAMA-TEMEL KONULAR

(SULAMA SİSTEMLERİNİN TASARIMI DERSİ İÇİN)

3. HAFTA

Su Uygulama Randımanı:

Su uygulama randımanı (E_a , %), bitkinin kök bölgesinde depo edilmesi gereken su miktarının tarla başında ihtiyaç duyulan su miktarına oranını ifade eder ve sulama yöntemine göre değişim gösterir.

Su Uygulama Randımanı

Sulama yöntemi	Su uygulama randımanı (E_a , %)
Damla sulama	85 – 95
Yağmurlama sulama	65 - 80
Yüzey sulama	40 - 80
Salma Sulama	30 - 40

Sulama Aralığı:

Her sulamada uygulanan net sulama suyu miktarının bitkinin günlük su tüketimine bölünmesiyle bulunur.

$$SA = dn / ET$$

Eşitlikte:

SA : sulama aralığı (gün)

dn : her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı (mm)

ET : bitkinin günlük su tüketimi (mm/gün)

Damla sulamada sulama aralığı:

$$SA = dn / T$$

Eşitlikte:

T : damla sulama yönteminde günlük bitki su tüketimi (mm/gün)

Sulama Süresi:

Sulama süresinin belirlenmesi, sulama yöntemine göre değişim göstermektedir.

Yüzey sulama yönteminde bir parselin sulama süresi, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$T = (A * dn / E) / (Q * 3,6) \quad \text{veya}$$

$$T = (A * dt) / (Q * 3,6)$$

Eşitlikte:

- T : sulama süresi (saat),
A : sulanacak parselin alanı (da),
dn : uygulanacak net su miktarı (mm),
dt : uygulanacak brüt su miktarı (mm),
E : toplam sulama randımanı,
Q : suyun çekileceği priz veya sifonun kapasitesi (l/s)
değerlerini göstermektedir.

Yağmurlama sulama yönteminde bir parselin sulama süresi, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$T = dt / ly$$

Eşitlikte:

- T : sulama süresi (saat),
dt : uygulanacak brüt su miktarı (mm),
ly : yağmurlama hızı (mm/saat) değerlerini göstermektedir.

Damla sulama yönteminde bir parselin sulama süresi, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır:

$$T = 1000dt/(q.N)$$

Eşitlikte:

- T : sulama süresi (saat),
dt : uygulanacak brüt su miktarı (mm),
q : damlatıcı debisi (litre/saat)
N : birim alandaki damlatıcı sayısı (adet/da) değerlerini göstermektedir.

Su İletim Randımanı:

Su iletim randımanı (Ec, %), tarla başında ihtiyaç duyulan su miktarının su kaynağında ihtiyaç duyulan su miktarına oranını ifade eder ve sulama sisteminde kullanılan su iletim hattının özelliğine göre değişim gösterir.

Su İletim Randımanı

Su iletim hattı	Su iletim randımanı (Ec, %)
Toprak Kanal	70
Beton kaplama kanal	85
Kanalet	97
Basınçlı boru hattı	100

Toplam Sulama Randımanı

Toplam sulama randımanı (E) su uygulama randımanı ile su iletim randımanının çarpımı ile hesaplanır:

$$E = E_a \times E_c$$

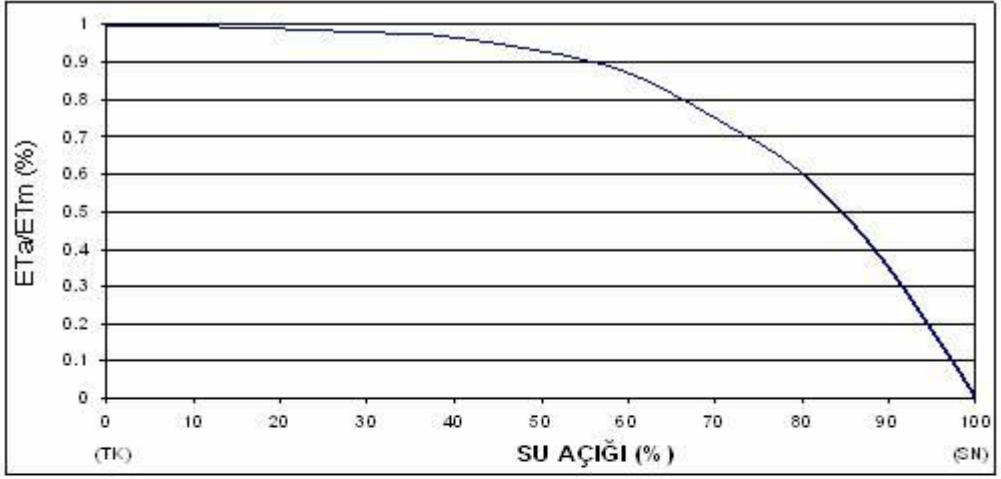
Eşitlikte;

- E : toplam sulama randımanı,
E_a : su uygulama randımanı,
E_c : su iletim randımanıdır.

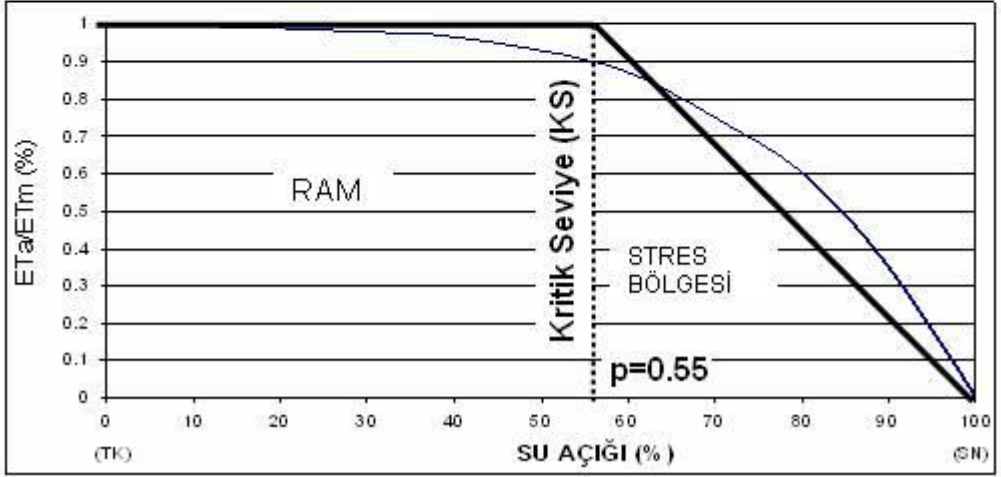
Kritik Seviye

Sulama açısından toprak suyunun (neminin) üst sınırı toprağın tarla kapasitesi, alt sınırı ise solma noktası değeridir. Yapılan araştırmalara göre, toprak nemi tarla kapasitesine yakın düzeylerde ise bitki kökleri toprak zerreleri arasındaki suyu fazla enerji harcamadan alabilmekte ve maksimum düzeyde su tüketebilmektedir, yani o anda tükettikleri su miktarı (E_{Ta}), bitkinin yetiştiği koşullarda tüketebileceği maksimum su tüketimine (E_{Tm}) eşit olmaktadır (E_{Ta}=E_{Tm}). Bitki büyüme mevsimi boyunca aynı koşulun sağlanması durumunda bitkide stres oluşmaz ve maksimum verim alınabilir.

Toprakta kök bölgesindeki nem miktarı azaldıkça, bitki kökleri bu nemi almakta önceleri az miktarda olmak üzere zamanla artan miktarda zorlanmaya başlar ve bitki daha az su tüketmeye başlar (E_{Ta}<E_{Tm}). Bu zorlanma bitkide stres oluşmasına neden olur ve su miktarındaki azalmaya bağlı olarak stres miktarı artar. Stresteki artış miktarı önceleri çok düşük, sonraları ise daha yüksek düzeyde olur. Stresin düzeyine ve süresine bağlı olarak bitki verimi de az veya çok miktarda azalma gösterir. Görüldüğü gibi, suyun azalması ile stresin artması arasında eğrisel bir ilişki vardır. Bu eğrisel ilişkinin çözümü ve uygulamada kullanılması zor olduğundan, pratik açıdan bir varsayım yapılır ve bu eğri, onu temsil edebilecek iki doğruya ayrılır. Bu doğrulardan biri yatay, diğeri ise azalan bir eğime sahiptir. Birinci doğru, E_{Ta}=E_{Tm} olan dönemi göstermektedir yani stres yoktur, ikinci doğru ise E_{Ta}<E_{Tm} olan dönemi göstermektedir yani stres başlamış ve artmaktadır. Bu varsayıma göre topraktaki su miktarı tarla kapasitesinden itibaren azaldıkça, iki doğrunun kesim noktasına kadar stres oluşmamakta, bu noktadan sonra ise stres başlamaktadır. Bu noktaya kritik seviye (p faktörü) adı verilir ve p ile gösterilir.



a) Topraktaki su miktarı ile su tüketimi arasındaki ilişki



b) Su miktarı-su tüketimi ilişkisinde kritik seviyenin (p) yeri

Bitkilerde topraktaki su miktarı ile su tüketimi arasındaki ilişki

Şekilde verilen örnekte $p = 0,55$ 'dir. Bunun anlamı, bitki topraktaki kullanılabilir nemin %55 ini tüketene kadar bitkide stres oluşmayacağı, dolayısıyla verimin azalmayacağıdır. Olaya toprak açısından bakıldığında, kritik seviye (KS), toprağın tarla kapasitesi ile solma noktası arasındadır. Tarla kapasitesi ile kritik seviye arasındaki su miktarı RAM, tarla kapasitesi ile solma noktası arasındaki su miktarı ise TAM ile ifade edilmektedir. Toprakta o andaki mevcut su miktarı TK ile KS arasında ise bitki strese girmeyecektir, KS nin altına düştüğünde ise stres başlayacaktır.

Sulama çalışmalarında kritik seviyenin önceden belirlenmesi gerekir ki, bu değere bağlı olarak eğer su yeterliyse verim azalması olmaması için bitkinin tüketmesine

izin verilen su miktarı belirlensin ve sulama zaman planı (ne kadar sulama suyu verileceği ve kaç günde bir sulama yapılacağı) belirlensin, ya da su kısıtlıysa kısıntılı sulama programları hazırlanabilsin.

Kritik seviye, bitki kök derinliğindeki toprak için toplam kullanılabilir su miktarının (tarla kapasitesi ile solma noktası arasındaki farkın) ne kadarının bitki tarafından tüketilmesine izin verildiğinin bir göstergesidir ve aşağıdaki şekilde formüle edilir:

$$p = \text{RAM} / \text{TAM}$$

Eşitlikte;

p	: kritik seviye
RAM	: etkili kök derinliğinde toprağın toplam kullanılabilir su miktarının, bitkide stres oluşmadan, bitki tarafından tüketilmesine izin verilen kısmı, (İzin Verilen Tüketim, İVT olarak ta kullanılabilir) (mm)
TAM	: etkili kök derinliğindeki toprakta toplam kullanılabilir su miktarı (mm) değerlerini göstermektedir.

Uygulamada genellikle TAM ve p değerleri belirlenerek RAM değeri yukarıdaki eşitlikten hesaplanmaktadır ($\text{RAM} = p * \text{TAM}$). Eğer su kapasitesi yeterliyse bitki kök derinliğindeki toprağa her sulamada RAM kadar veya daha az sulama suyunun uygulanması gerekir.

Kritik seviye, çeşitli faktörlere göre değişim göstermektedir:

- Bitkiye ve duyarlılık aşamalarına göre
- Bitkinin su tüketimine (ET_m) göre ve
- Toprağa (toprak bünyesine) göre değişim göstermektedir.

Bitkiye ve bitki gelişme aşamalarına göre p faktörünün değişimi

Bazı bitkiler (örneğin sebzelerin çoğu) ET_a = ET_m olabilmesi için topraktaki su miktarının daha fazla olmasına, diğer bir deyişle p faktörünün daha küçük olmasına ihtiyaç gösterir.

Bazı bitkiler ise (pamuk, sorgum gibi) topraktaki daha düşük nem düzeylerinde bile ET_a = ET_m durumunu sağlayabilirler, bu yüzden bu bitkiler için p değeri daha yüksektir.

Bitkinin su tüketimine göre p faktörünün değişimi

Aynı bitkide p faktörü iklim koşullarına göre de değişim göstermektedir. İklimin göstergesi olarak potansiyel su tüketimi (ET) alınmaktadır. Serin dönemlerde p faktörü artarken yani bitki toplam kullanılabilir nemin daha büyük bir bölümünü bile kullandığında strese girmezken, sıcak dönemde aynı bitki için p faktörünün değeri azalmakta, yani bitki kullanılabilir nemin küçük bir bölümünü bile kullandığında strese girmektedir.

Kritik Seviye (p Faktörü) İçin Bitki Grupları

Bitki Grubu No	Bitkiler
1	Biber, Patates, Soğan
2	Bezelye, Domates, Lahana, Muz, Bağ,
3	Ananas, Ayçiçeği, Buğday, Fasulye, Karpuz, Narenciye, Yerfıstığı, Yonca,
4	Aspir, Mısır, Pamuk, Sorgum, Soya Fasulyesi, Şeker Kamışı, Şeker Pancarı, Tütün, Zeytin

Potansiyel Su Tüketimi ve Bitki Gruplarına Göre Kritik Seviye (p Faktörü)

Bitki Grubu No	Potansiyel Bitki Su Tüketimi, ET, mm/gün								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,50	0,425	0,35	0,30	0,25	0,225	0,20	0,20	0,175
2	0,675	0,575	0,475	0,40	0,35	0,325	0,275	0,25	0,225
3	0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,425	0,375	0,35	0,30
4	0,875	0,80	0,70	0,60	0,55	0,50	0,45	0,425	0,40

Çeşitli Bitkilerde Kritik Seviye Değerleri

(Verilen p değerleri $ET_c \sim 5$ mm/gün için geçerlidir, farklı ET_c değerleri için $[p+0.04(5-ET_c)]$ eşitliğiyle düzeltilmelidir)

Bitkiler	Kritik seviye, p (ET~5 mm/gün için)
a. Küçük Sebzeler	
Brokoli	0,45
Brüksel lahanası	0,45
Havuç	0,35
Ispanak	0,20
Karnabahar	0,45
Kereviz	0,20
Lahana	0,45
Marul	0,30
Sarımsak	0,30
Soğan – kuru, yeşil	0,30
Soğan - tohum	0,35
Turp	0,30
b. Sebzeler - Solanum	

Biber-tatlı (bell)	0,30
Domates	0,40
Patlıcan	0,45
c. Sebze - kabakgiller	
Hıyar	0,50
Kabak	0,50
Kabak-bal, sakız kabak-kışlık	0,35
Karpuz	0,40
Kavun (cantaloupe)	0,45
Kavun-tatlı	0,50
d. Kök ve Yumrular	
Havuç-yaban (parsnip)	0,40
Manyok -1. yıl	0,35
Manyok -2 yıl	0,40
Pancar	0,50
Patates	0,35
Patates-Tatlı	0,65
Şalgam (turnip, rutabaga)	0,50
Şekerpancarı	0,55
e. Baklagiller	
Bakla	0,45
Bezelye-kuru / tohum	0,40
Bezelye-taze	0,35
Börülce, Mung fasulyesi (gren gram)	0,45
Fasulye-iri (lima)	0,45
Fasulye-kuru,tane	0,45
Fasulye-yeşil	0,45
Grabanzo	0,45
Mercimek	0,50
Nohut	0,50
Soya fasulyesi	0,50
Yer fıstığı	0,50
f. Çokyıllık Sebzeler (kış uykusu ve başlangıçta çıplak veya malçlı toprak ile)	
Çilek	0,20
Enginar	0,45
Kuşkonmaz	0,45
Nane	0,40
g. Lif Bitkileri	
Kenevir-Sisal	0,80
Keten	0,50
Pamuk	0,65
h. Yağ Bitkileri	
Aspir	0,60
Ayçiçeği	0,45
Hint fasulyesi	0,50

Kanola	0,60
Susam	0,60
i. Tahıllar	
Arpa	0,55
Buğday-kışlık	0,55
Buğday-yazlık	0,55
Çeltik (toprak satire değerinin % 20 sidir)	0,20
Darı	0,55
Mısır-dane	0,55
Mısır-tatlı	0,50
Yulaf	0,55
Sorgum-dane	0,55
Sorgum-tatlı	0,50
j. Yem bitkileri	
Bermuda-ot için	0,55
Bermuda-tohumluk, baharlık	0,60
Çayır (ot)	0,60
Çim-serin sezon vary. (çayırotu, deliceotu, yumak)	0,40
Çim-sıcak sez. vary. (Bermuda çimi, hint darısı, Agustin ç.)	0,50
Mera	0,60
Sudan otu (ot) (tek yıllık)	0,55
Üçgül-İskenderiye (ot)	0,50
Yonca-ot için	0,60
Yonca-tohum için	0,60
k. Şeker kamışı	0,65
l. Tropik Meyveler ve Ağaçlar	
Ananas	0,50
Çay - gölgelenmemiş	0,40
Çay - gölgelenmiş	0,45
Hurma (date palm)	0,50
Kahve	0,40
Kakao	0,30
Kauçuk	0,40
Muz	0,35
Palmiye (palm Trees)	0,65
m. Bağ ve Üzümsü bitkiler	
Bağ - sofralık veya kuru üzüm	0,35
Bağ - şaraplık	0,45
Şerbetçiotu	0,50
Üzümsüler (berries, bushes)	0,50
n. Meyve Ağaçları	
Antep fıstığı	0,40
Armut, Elma, Kiraz	0,50
Avokado	0,70
Badem	0,40

Ceviz	0,50
Kayısı, Şeftali, Sert çekirdekli (Erik, Pekan Cevizi)	0,50
Kivi	0,35
Kozalaklı ağaçlar	0,70
Narenciye	0,50
Zeytin (%40-60 gölgeleme)	0,65

Maksimum Su Tüketimi (ET_m)

Maksimum su tüketimi, geniş alanlarda, optimum agroekonomik koşullarda, yeterli sulama suyu sağlanması durumunda yetiştirilen sağlıklı bir bitkiden oluşan su tüketimini ifade eder. Herhangi bir yöntemle, örneğin referans su tüketiminin bitki katsayısı ile çarpılmasıyla tahmin edilen bitki su tüketimi, maksimum su tüketimi olarak alınır.

Gerçek Su Tüketimi (ET_a)

Bitkinin herhangi bir andaki gerçek su tüketimi miktarı, toprakta o andaki mevcut su miktarının yeterli olup olmamasına bağlıdır.

- Topraktaki su miktarının yeterli olması durumu (Yeterli su): Sulama yapıldıktan veya önemli miktardaki bir yağıştan sonra, topraktaki mevcut nem tarla kapasitesine yakın düzeylerde iken, bitkinin gerçek su tüketimi, maksimum su tüketimine eşittir, ($ET_a = ET_m$).
- Topraktaki su miktarının kısıtlı olması durumu (Kısıtlı su): Topraktaki su miktarı kritik seviyenin altına düştüğünde, bitkinin gerçek su tüketimi, maksimum su tüketiminden zamanla daha artan miktarlarda azalmaya başlar. Bu durum bir sonraki sulamaya veya önemli düzeydeki bir yağışa kadar devam eder, ($ET_a < ET_m$).

Bitkinin gerçek su tüketimi (ET_a), toprakta mevcut nemin hangi düzeyde olduğuna ve bitkinin maksimum su tüketimine (ET_m) bağlı olarak hesaplanabilir.

Örnek Problem 10: Gerçek Su Tüketiminin Belirlenmesi

Verilen:

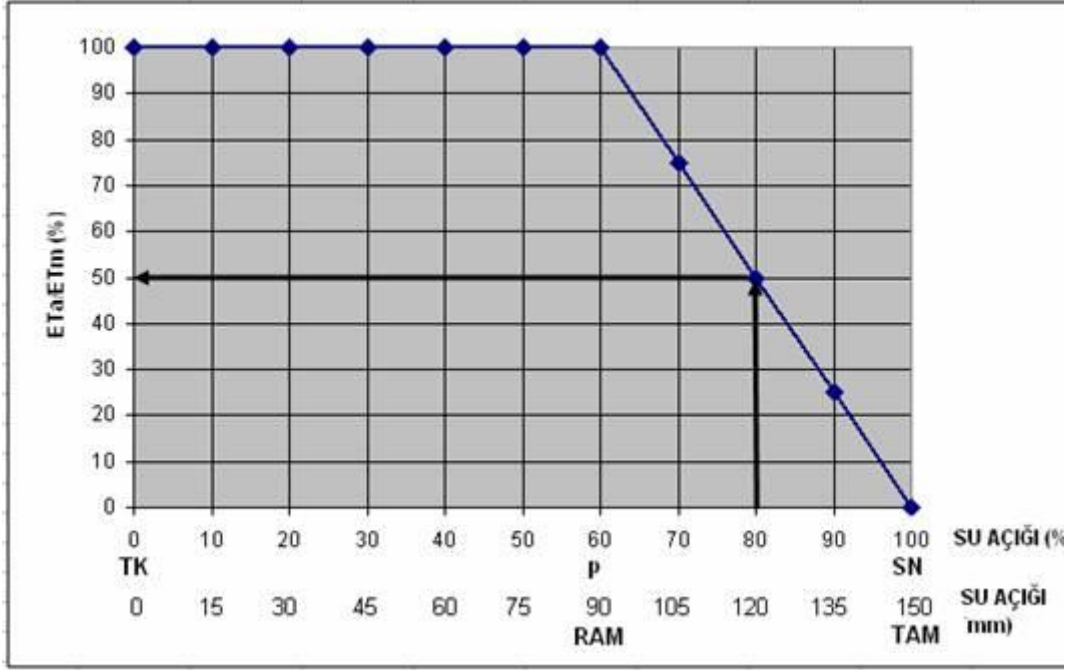
Kritik seviye değeri (p) 0,60 olan bir bitkinin, 20 Haziran tarihinde su tüketimi $ET=8$ mm/gün olarak hesaplanmıştır. Aynı gün topraktaki kullanılabilir suyun %80 inin tüketildiği belirlenmiştir. Toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesi $dk=150$ mm/m, bitkinin etkili kök derinliği $D=1$ m dir.

İstenen:

Bitkinin gerçek su tüketiminin belirlenmesi

Çözüm:

1. Su tüketim oranı ile su açığı arasındaki ilişik grafiği hazırlanır.
2. Etkili kök derinliğinde tutulan su miktarı $TAM=150 \times 1=150$ mm, $RAM=p.TAM=0,60 \times 150=90$ mm. Grafikte yatay eksene su açığının mm karşılığı ilave edilir.
3. Grafikten istenilen su açığına (% veya mm) karşılık gelen ETa/ETm oranı alınabilir. 20 Haziranda suyun %80 inin tüketildiği yani su açığının %80 olduğu anda (tarla kapasitesinden itibaren 120 mm suyun tüketildiği anda) $ETa/ETm=0,50$ olmaktadır.



4. Bitkinin gerçek su tüketimi: $ETa=0,50.ETm=0,50 \times 8=4$ mm/gün olur.

Maksimum Verim

Maksimum verim (Y_m), yetiştirildiği çevre koşullarına iyi uyum sağlamış yüksek verimli bir çeşidin, su, gübre, zararlı ve hastalık gibi faktörlerin verim düzeyini düşürmediği, yetiştirme dönemi boyunca su stresiyle karşılaşmadığı (maksimum düzeyde su tüketebildiği, ET_m) ve iklimin bitkinin yeterli olgunluğa ulaşmasına izin verdiği koşullardaki hasat verimi olarak tanımlanır. Maksimum verim bitkinin genetik karakteristikleri ve çevreye uyumu ile yakından ilgilidir. Yöreye adapte olmuş yüksek verimli bir çeşitten sulama suyunun iyi yönetildiği durumda çiftçi şartlarında elde edilen verim, maksimum verim olarak alınabilir.

Gerçek Verim

Bitki yetişme d6nemi boyunca herhangi bir zaman periyodunda bir ya da birkaç kez topraktaki mevcut nem kritik seviyenin altına d6şerse, gerçek su t6ketimi maksimum su t6ketiminin altına d6şer ($ET_a < ET_m$), bitkide su stresi oluşur, bitki gelişmesi olumsuz y6nde etkilenir ve kalite d6şer, verim azalır, bu durumda elde edilen verime gerçek verim (Y_a) adı verilir. Gerçek verim, stresin b6y6kl6đ6ne ve oluşma zamanına bağlı olarak değişir ve su-verim ilişkilerinden yararlanılarak hesaplanabilir.