

# **BÖLÜM I : TARIMSAL TUZLULUK, DAĞILIMI, SU VE TOPRAK KAYNAKLARIMIZIN TUZLULUKLARI**

## **GİRİŞ**

Dünya üzerinde sulu tarım alanları yüzyıllardır kendi verimlilik potansiyellerini yani sürdürülebilirliklerini devam ettirme çabası içindedirler. Sulamadan kaynaklanan sorunlar olduğu kadar, doğal nitelikli hidrolojik ve jeokimyasal faktörler nedeniyle toprak ve suyun tuzlulukları ve bununla ilişkili ortaya çıkan drenaj problemleri, tarımın önünde engel oluşturmaktadır.

Ortaya çıkan tuzluluk problemleri sadece tarımsal alanlarla sınırlı bir çevrede etkili kalmayıp, oluşan tuzlu drenaj sularının ulaştırıldığı alanlardaki çevresel ve sağlık sorunlarını da ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle tarımsal tuzluluk sorunları sadece sulu tarımın sürdürülebilirliği açısından belirli çerçevede değerlendirilebilecek bir problem olarak kalmayıp, ülkesel ve belki de uluslararası nitelikte ele alınması gereken sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu bölümde tarımsal alanlardaki tuzluluğun ne anlama geldiği, nasıl oluştuğu, tuzluluk bileşenlerinin neler olduğu, tuzluluk problemlerinin çeşitleri, tuzların kaynakları konuları ele alındıktan sonra, küresel boyutta tuzlu alanlar ve dağılımları kısaca belirtilecek, daha sonra ülkemizdeki su ve toprak kaynaklarının genel tuzluluk durumları açıklanacaktır.

## **TARIMSAL TUZLULUK**

Tuzluluk deyince, doğada farklı kaynaklardan gelen ve çeşitli biçimlerde bulunan suda eriyebilen maddelerin oluşturduğu etki anlaşılmalıdır. Su ile etkileşime giren bu tür maddeler eriyerek suya geçerler, daha sonra su ile birlikte taşınırlar. İçerisinde erimiş katı maddeleri yani tuzları barındıran su kaynağı biriktiği yada kullanıldığı alana bağlı olarak tarımsal, çevresel yada sosyal bazı etkilere neden olurlar.

Sulu tarım alanlarında değişik kaynaklardan gelen erimiş katı maddeler (tuzlar) toprak çözeltisi içerisinde biriktirilirler. Bu birikmenin nedeni, bitkinin kökleri ile aldığı toprak suyunun saf'a yakın olmasıdır. Bitki kökleri seçicidir ve suyun kökler tarafından alınabilmesi için toprak çözelti ortamı konsantrasyonunun bitki öz suyu konsantrasyonundan daha düşük olması gerekir. Bir başka deyişle, toprak çözeltisi tuzluluğunun düşük olması gerekir. Bunun tersi ortamlarda bitki kökleri ile suyu almakta zorlanacaktır. Yüksek tuzluluktaki toprak çözeltisi ortamlarında bitkiler tıpkı kuraklık etkisinde kalmış gibi sararmaya, turgorlarını kaybetmeye başlayacaklardır. Bitki kökleri ile suyu daha az almaya, bu nedenle de verimliliğini ve morfolojik kalite özelliklerini azaltmaya başladığında, *tarımsal tuzluluk* sorunlarının varlığından söz etmek gerekecektir.

Toprak içerisinde yüksek çözelti konsantrasyonu *ozmotik etkiyi* ortaya çıkartır. Sudaki erimiş katılar çözelti içerisinde *ozmotik basınç* yaratırlar ve bu basınç nedeniyle

bitki kökleri ile suyu almak için daha fazla güç harcamaya başlar. Bitki bu durumda fizyolojik ve generatif gelişmesi ve üretimi için harcamak istediği enerjisini, topraktan taze suyu almak için kullanmaya çalışır. Bu olay bitki gelişiminin ve verimliliğinin azalması anlamına gelmektedir. Bu nedenle, tuzluluğun belirli sınır değerlerden daha yüksek hale geldiği alanlarda bitki veriminde ve ürün kalitesinde azalmalar görülür.

Tarımsal tuzluluk deyince aklımıza kurak ve yarı-kurak alanlarda yer alan tarımsal alanlar gelmelidir. Çünkü, tuzlulaşmanın oluşabilmesi için toprağa iletilen tuzların burada birikebilmesi gerekmektedir. Tuzlar, örneğin kış yağışları ile kök bölgesinden uzaklaşabiliyorlar ise, sulama suyu yada diğer kaynaklardan alana iletilen tuzlar birikmeyeceklerinden, tarımın sürdürülebilirliği açısından önemli bir tehdit oluşturmayacaktır. Ancak, kurak ve yarı-kurak alanlarda yağışların toplamının ve dağılımının uygun olmaması nedeniyle bu yıkanma oluşmaz ve iletilen tuzlar birikmeye başlarlar. Zaman boyutunda iletilen tuz miktarına bağlı olarak kısa yada uzun bir süre içerisinde tuzlulaşma süreci başlamış olur.

### Tuzluluk Bileşenleri

Tuzluluk, suda ve toprakta bulunan erimiş toplam katı maddelerin hacimsel yada ağırlıksal olarak bulunuş konsantrasyonlarıdır.

Çözünebilir mineral tuzları kapsayan eriyiklerden başlıcaları katyonlardan ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) ve anyonlardan ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$ ,  $\text{NO}_3^{-2}$ ) dür. Bu katyonlar ve anyonlar doğadaki sulara en fazla rastlanan eriyiklerdir. Doğadaki tüm su kaynakları bu maddelerden değişen oranlarda içerirler. Bu nedenle, sulama suyu tuzluluk analizleri bu yukarıda sayılan anyon ve katyonları içermektedir. Rutin laboratuvar analizlerinde bu maddelerin miktarları belirlenmeye çalışılır.

Daha tuzlu sular yada özel problem alanlarında ise bu anyon ve katyonların dışında B, Sr, Li,  $\text{SiO}_2$ , Rb, F, Mo, Mn, Ba, Al gibi elementlerin de bulunması söz konusudur.

### Tuzluluk Problemlerinin Çeşitleri

“Çözelti ortamında yüksek oranda suda eriyebilen katıların bulunması hali” şeklinde tanımlanabilecek olan *Tuzluluk* tanımı altında iki farklı etki meydana gelir (Şekil 1.1). Bu iki etki birbirinden tamamen farklı biçimlerde oluşur ve ortaya çıkardığı sonuçlar da birbirinden farklıdır.

Tuzluluk zararı	etki eder... →	bitkiye	Neden olur... →	Tuzlu toprak koşulu
Sodyum	etki eder... →	toprağa	Neden olur... →	Sodyumlu toprak koşulu

Şekil 1.1 Tuzluluk problemlerinin çeşitleri

Toplam tuzluluk etkisinden söz ettiğimizde, sonuçta bitkiye olan etki ve tuzlulaşmış bir toprak koşulu ile yüz yüze geleceğiz demektir. Toplam tuzluluk etkisi; çözeltilerde erimiş olan katıların toplamının oluşturduğu ozmotik etkidir ve bitkinin kökleri ile su alımına olumsuz etki yapar. Toprak çözeltisi ortamında yeterli miktarlarda su olmasına karşın bitkiler yüksek ozmotik basınç etkisi ile bu suyu alamazlar ve kuraklık etkisinde kalabilirler. Buna *fizyolojik kuraklık* adı verilir. Tuzlu topraklarda karşımıza çıkan en önemli sorunlardan birisi budur. Yetiştirilen bitkiler, sanki yeterli nem toprakta bulunmuyor gibi sararma, solma ve turgor basınçlarını kaybetme etkisinde kalırlar. Vejetatif gelişmeleri ile birlikte verimlilikleri de azalır, tuzluluğun düzeyine göre toplam üründe ve kalitesinde kötüleşmeler görülür. Toprak çözeltisindeki toplam tuzluluk etkisi sonucunda toplam tuz konsantrasyonu zararlı düzeylere ulaşmış bir toprak koşulu ile karşılaşırız.

Toprak çözelti ortamında, toplam tuzluluk düzeyinin düşük olmasına karşın, özellikle  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  iyon konsantrasyonlarına göre oransal olarak yüksek miktarlarda  $Na^{+}$  iyonunun bulunması durumunda, karşımıza sodyumluluk etkisi çıkar: Bu durumda etkinin olduğu yer toprak fiziksel özellikleridir ve kötüleşen toprak fiziksel koşulları nedeniyle verimlilik ve ürün kalitesinde azalmalar görülür. Çözelti ortamında bulunan fazla sodyum, kümeli toprak yapısı üzerine etki eder. Toprağın havalanma ve su geçirgenliğini olumlu etkileyen kümeli yapının bozulması durumunda, su ve hava geçirgenliği azalan ve hatta kaybolan toprak ortamında bitki yetiştirmek ve ekonomik düzeyde ürün almak olanaksız hale gelebilir. Geçirgenliği azalan toprak ortamında suyun yüzeyde uzun süre göllenmesi, çevresel etkilere de neden olacaktır.

### **Tarımsal tuzluluğun nedenleri**

Sulanan alanlarda tuzluluğa neden olan faktörlerin başında kullanılan sulama suyu gelmektedir. Sulamada kullanılan suyun içerdiği tuzluluk düzeyine bağlı olarak, tarımsal alanlarda tuzlulaşma sorunları ile karşılaşılır. Bunun dışında taban suyunun yüksekliği, taban arazilerde yanıl sızmalar, kıyı alanlarda deniz etkileşimi gibi faktörler kök bölgesine tuzun taşınmasını sağlar. Bunların dışında ise iklim koşulları, uygulanan tarım şekli, sulama yöntemi, sulama suyu miktarı, drenajın yeterliliği, sulama ve drenajın yönetimi, tarımcıların bilgi birikimi, sosyolojik faktörler gibi etmenler de sulanan alanlarda tuzlulaşmaya neden olurlar. Bu konular bir sonraki bölümde incelenecektir.

### **SU VE TOPRAKTA BULUNAN TUZLARIN KAYNAĞI**

Sularda ve toprakta bulunan bütün tuzların ana kaynağı, süregelen ve yer kürenin üst bölümünde (kabuk) devam eden kayaların jeokimyasal ayrışması olayıdır. Bu olaylar jeolojik zaman süresince var olan, toprak ile okyanuslar arasındaki jeokimyasal madde alış-verişinin bir ayağını ifade eder.

### **Ayrışma**

Pek çok kaya yüksek sıcaklık ve basınç altında şekillendiğinden, atmosferik koşulların etkisi altında bulduklarında, bu kayaları meydana getiren mineraller genellikle termodinamik olarak “kararsız-unstable” özelliktedirler. Ayrışma (weathering), birincil mineralleri dünya yüzeyinde daha “kararlı-stable” olan diğer minerallere dönüştüren spontane bir işlemdir. Jeokimyasal ayrışmaya neden olan

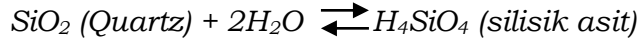
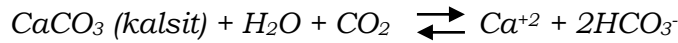
atmosferik etkenlerin başında nem, oksijen ve karbondioksit gelmektedir. Biyosfer ise içerdiği artan miktarlardaki karbondioksit ve organik madde nedeniyle ayrışma işlemlerini artırır ve genişletir. Organik madde, kompleksation-birleşme sırasında katyon değişimini (hareketini) ve ayrışmayı teşvik edici nitelikteki organik asitlerin kaynağını oluşturur ve redoks etkeni olarak görev yapar.

Kaya oluşumu içerisinde yer alan minerallerin kimyasal ayrışmasında üç tip reaksiyon söz konusudur: eşleşik (congruent) erime, eşleşik olmayan (incongruent) erime ve redoks-oksidasyon reaksiyonlar.

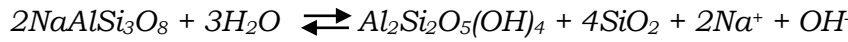
**Eşleşik (congruent) erime:** bu tür reaksiyonlarda çözünür ürünleri minerallerdeki oranlarında bulunurlar, yani;

Mineral  $\longrightarrow$  çözünebilir bileşikler

Bu tür ayrışmaya örnek olarak;



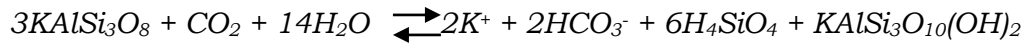
**Eşleşik olmayan (incongruent) erime:** Bu reaksiyonda, mineralin bir kısmı erir ve ikincil bir katı faz olarak (ikincil aluminosilikat kil mineralleri) artık olarak kalır ki, bu artık orijinal mineralden farklı bir kompozisyondadır, yani;



(albit)

(kaolinit)

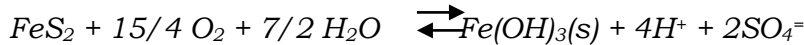
(kuartz)



(ortoklas)

(mika)

**Redoks reaksiyonları:** Minerallerin oksidasyon niteliklerindeki değişimler ayrışmayı etkiler. Çözeltide çözünen (eriyen) mineraller ile bu çözelti ile etkileşimde bulunan mineraller arasındaki redoks reaksiyonları, bazen çözeltinin pH sına etki eder. Örneğin;



Bu reaksiyonda, üretilen protonlar, peşisıra gelecek olan ayrışmada güçlü bir lokal etkiye sahiptirler.

### İklim ve peyzaj etkileri

Her ne kadar ayrışma devam eden ve universal bir işlem olsa da, ayrışma reaksiyonlarının yoğunluğu ve dağılımı iklimin büyük oranda etkisi altındadır. Nemin varlığı, ayrışma işlemleri için çok önemli bir parametredir. Nem, mineral transformasyonda etken olarak rol oynar ve erimiş maddelerin yada askıdaki

maddelerin ortamdan taşınmasında taşıyıcıdır. Ayrışma ürünlerinin toprak yüzeyinden yer altı sularına doğru taşınması ve buradan da nehirlere ve en sonunda da okyanuslara kadar taşınması, etkili yağışın miktarına bağlıdır. Okyanusların kimyasal bileşimleri, toprak kütlesinden olan ve kimyasal interaksiyon ile avapokonsantrasyon tarafından modifiye edilen ve volkanik aktiviteler ile artırılan, tuzların sabit akımına-katlısına bağlıdır.

Tuz etkisindeki topraklar kurak peyzajın doğal komponentidirler. Bu alanların bulunuşu doğrudan, sınırlı miktardaki yağışların varlığı ile ilişkilidir, yani, avapotranspirasyon büyük oranda yıl boyunca yağışlardan daha yüksek olarak meydana gelir. Suyun eksikliği (yetersizliği) minerallerin kimyasal ayrışma yoğunluğunu sınırlandırır. Nem eksikliği aynı zamanda ayrışma ürünlerinin (tuzlar) oranını da sınırlar ve sıkca oluşan ikincil minerallerin belirli alanlarda toplanmasına neden olur. Düşük nemlilikteki alanlarda akraba kayaların (parent rocks) oranı, büyük oranda oluşan toprakların özelliklerini de belirler. Pek çok kurak bölge alanları entisoller ve aridisoller olarak sınıflandırılmaktadır.

Su, tuzların taşınmasında birinci derecede önemli olduğundan, tuzluluk taban (düşük) arazilerde yada çöküntülerde yani suyun drene olduğu alanlarla çok yakın bağıntılıdır. Tuzlulaşma, sınırlı drenaj koşullarında taban suyu sorunlarının artması nedeniyle genişlemektedir. Taban suyunun yüksekliği drenaj kapasitesi ile ilişkili iken, mineral yapısı daha çok buharlaşma ve transpirasyonun etkisi altında şekillenir. Drenajın etkilediği tuzlu alanların genişlikleri birkaç hektardan binlerce kilometrekare alana kadar büyük değişiklikler gösterebilir. Örneğin Amerika'daki Utah Büyük Tuz Gölü ile Pakistan'daki Indus havzası bunlara örnektir.

### **Fosil yada ikincil depositler**

Jeolojik çağlar boyunca tuzlu okyanuslar büyük karaları su altında bırakmışlardır. Bu su baskını altında kalan alanlar daha sonra yükselmişlerdir. Sonuçta meydana gelen jeolojik formasyonlar topraklar için ana materyal (parent) sağlarlar ve arz tabakasının yükselmesi ile tuzlu tabakanın altında yer alırlar ve her ikisi de yüzey ve yer altı sularının tuz yüklerini oluşturması açısından önemlidirler. Okyanusların basması sırasında kıtasal kayaların ayrışmasından oluşan ikincil depositler (sedimentasyon kayaları), tuzluluğun ve sodyumluluğun önemli kaynaklarıdır. Fosil tuzları deyimi, bu depositlerin tuzluluğunu belirtmek amacıyla kullanılır.

### **Atmosferik depolama**

Atmosferik depolanan tuzlar lokal olarak önem kazanmaktadırlar. Kuru yada ıslak aerosol taşınımları kıyı alanlarda 100 ila 200 kg/yıl-ha düzeylerine ulaşabilirken, iç bölgelerde 10 ila 20 kg/yıl-ha düzeyindedir. Atmosferik depolanan tuzların cinsleri kaynaktan olan uzaklıklara bağlı olarak değişmektedir. Kıyı bölgelerde tuzların çoğunluğu NaCl tiptedirler. Hava akımları ile iç bölgelere taşındıklarında  $Ca^{+2}$  ve  $SO_4^{-2}$  anyonları ağırlık kazanır. Kurak bölge topraklarındaki yıllık oluşan ayrışma ürünü (weathering) tuz yükünün yaklaşık %10-25 kadarı atmosferik katkı şeklindedir. Toprakların tuzlulaşmasında genel perspektif olarak ele alındığında çoklukla atmosferik katkı göz ardı edilmektedir, ancak özellikle yüksek ayrışma etkisindeki ve zayıf drenajlı alanlarda göz önünde bulundurulması gereken bir faktördür. Örneğin

batı Avustralya'daki büyük alanlarda uzun yıllar yağışlarla taşınan tuz yükü buna bir örnektir.

### **Antropogenik aktiviteler**

İnsan etkisinde oluşan tuzluluk tarihsel ve ekonomik öneme sahiptir. Endüstrileşme atmosferdeki nitrojen ve sülfür gazlarının yükünü artırmıştır, her iki gaz da atmosferdeki tuz konsantrasyonunu artırmakta ve asit yağmurlarına neden olmaktadır. Asit yağmurları toprak ayrışma oranının artmasına neden olmaktadır. Enerji-ilişkili madencilik faaliyetleri bunları yüzeyde tuzlu ve sodyumlu materyallere dönüştürürler ve bunlar yeryüzünde kalırlar, ancak çevreye etkileri düşüktür.

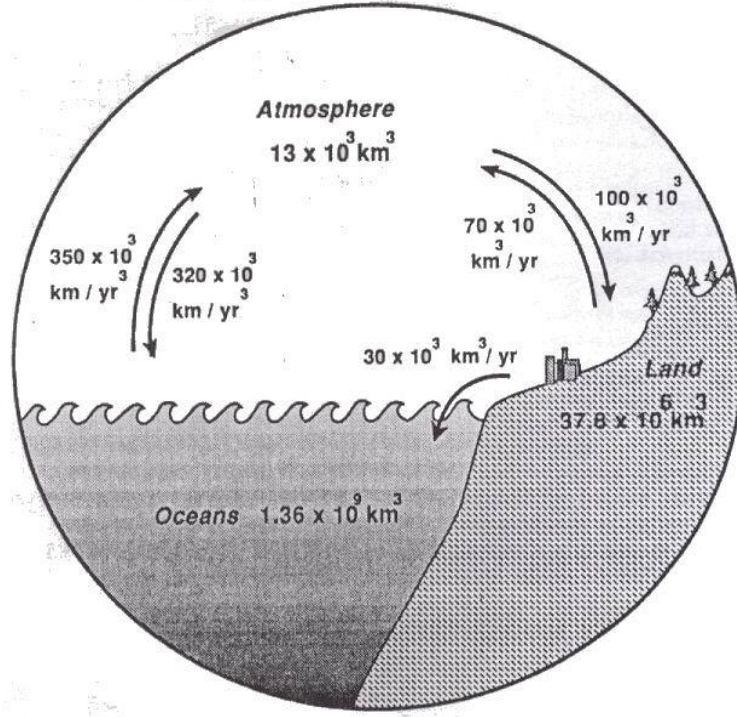
Yeryüzü sisteminin tuzlarla tanıştırılmasında sulama dramatik bir etkiye sahiptir. Doğadaki tüm sulama suları değişik miktar ve cinsten tuzları içerirler. Evapotranspirasyon sırasında, saf su ortamdan uzaklaşır ve geriye kalan tuzlar daha önceden rizosferde bulunan tuz miktarına eklenir.

Herhangi bir önlem alınmadığı durumda tuzlar rizosferde biriktirilmektedir. Sulama suyu uygulamaları da mineral ayrışmanın hızına büyük oranda etki etmektedirler. Rizosferdeki ve yer altı-yerüstü sularındaki tuzluluğun ve sodyumluluğun kontrolü, bu nedenle, toprak ve suyun yönetimi pratikleri ile ilgili olmaktadır.

### **TARIMSAL TUZLULUĞUN DAĞILIMI**

Hidrosfer (su küre) içerisinde bulunan pek çok su tuzludur ve taze suların büyük bölümü de donmuş (buzul) haldedir. *Şekil 1.2* den görüleceği gibi, okyanuslarda toplam suyun %97.3'ü yer alırken, karalarda bu oran %2.8 dir. Bir kısım su da (%0.001) atmosferde hava nemi olarak yer almaktadır. Karalarda bulunan suyun %77.2 si buzullarda donmuş su şeklindedir. Derin ve çoğu çekilemez haldeki yer altı suları olarak bulunan kısım ise %22 kadardır. Sonuçta bize kullanılacak çok az miktarda taze su kaynağı kalmaktadır.

Yeryüzü toplam alanı  $13.2 \times 10^9$  ha olup,  $7 \times 10^9$  ha kadar ekilebilir niteliktedir ve tarım yapılan alan toplamı ise  $1.5 \times 10^9$  ha dolaylarındadır (Massoud, 1981). Tarım yapılan alanların yaklaşık %23 kadarı tuzlu, %37 si sodyumlu nitelik kazanmıştır. Szabolcs (1989) tuzlu ve sodyumlu toprakların yaklaşık 100 ülkede dağıldığını ve toplam ekilebilir alanların %10 una ulaştığını bildirmektedir (*Şekil 1.3*). Tuzluluk etkisi altındaki alanlar yarı-kurak ve kurak bölgelerle sınırlı kalmayıp diğer bölgelere de yayılmışlardır. Pek çok diğer bölgede iklim ve tuzların hareketliliği, mevsimlik tuzlu su ve topraklar oluşturabilmektedir.



Şekil 1.2. Global su dengesi ve akışı (Todd, 1970)



Şekil 1.3 Tuzlu toprakların global dağılımı (Szabolcs, 1989)

Günümüzde dünya nüfusunun % 7'si suyun kıt olduğu bölgelerde yaşamaktadır. Bu oranın 2050 yılında % 67'ye yükseleceği tahmin edilmektedir. Birleşmiş Milletler tarafından dünya nüfusunun 1950 yılından sonra % 125 oranında artış gösterdiği belirtilmektedir. Gelecek 50 yılda dünyada nüfusun % 67 oranında artacağı tahmin edilmekte ve bu artışın büyük bir bölümünün gelişmekte olan ülkelerde meydana geleceği öngörülmektedir (Fischer ve Heilig, 1997).

## **TÜRKİYE'NİN SU KAYNAKLARI**

Ülkemizde nüfus son 50 yılda % 324 oranında artmıştır ve gelecek 40 yılda % 144 oranında artacağı öngörülmektedir (Anonim 2003). Ülkemizde nüfusun hızlı artışı dikkate alınarak su kaynaklarının etkin kullanımı için gerekli tedbirler alınmalıdır. Kullanılan suyun yaklaşık % 75'i tarımda tüketilmektedir.

Su kaynaklarını en fazla kullanan alanlar ve miktarları, *Tablo 1.1*'de gösterilmiştir. Buna göre, sulamada 31.5 km<sup>3</sup> (75%), kentsel kullanımda 6.4 km<sup>3</sup> (15%), ve endüstride 4.1 km<sup>3</sup> (10%) su kullanılmaktadır. 1998 yılında kullanılan toplam 38.9 km<sup>3</sup> suyun 32.9 km<sup>3</sup> 'ü yüzeysel su kaynaklarından alınırken, 6 km<sup>3</sup> yeraltı su kaynaklarından sağlanmıştır. Yerüstü su kaynaklarının alansal tüketimi farklıdır. Sulamada %82, kentsel kullanımda %10'u ve endüstride ise %8'i kullanılmaktadır. Değinen alanlarda yeraltı su kaynaklarının kullanımı, sırasıyla, %39, %37 ve %24 dolaylıdır (Kanber ve ark., 2005).

*Tablo 1.1 Yıllara göre su kaynaklarının kullanım durumu (DPT, 2001)*

Yıl	Toplam kullanım 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Su potansiyeli (%)	Alanlara Göre Su Kullanımı, km <sup>3</sup>		
			Sulama	Kentsel Tüketim	Endüstriyel Tüketim
1998	38.900	35	29.200	5.700	4.000
2000	42.000	38	31.500	6.400	4.100

Türkiye'de yıllık ortalama yağış yaklaşık 643 mm olup, yılda ortalama 501 milyar m<sup>3</sup> suya tekabül etmektedir (*Çizelge 1.2*). Bu suyun 274 milyar m<sup>3</sup> 'ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden olan buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m<sup>3</sup> 'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m<sup>3</sup> 'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m<sup>3</sup> 'lük suyun 28 milyar m<sup>3</sup> 'ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca, komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda ortalama 7 milyar m<sup>3</sup> su potansiyeli bulunmaktadır. Böylece ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 193 (158+28+7) milyar m<sup>3</sup> olmaktadır (DSİ, 2005).

Türkiye'de dağlarda bulunan küçük göllerle birlikte 120'den fazla doğal göl bulunmaktadır. En büyük ve en derin göl olan ve yükseltisi 1646 m olan Van Gölü'nün alanı 3712 km<sup>2</sup> dir. İkinci büyük göl, İç Anadolu'daki Tuz Gölü'dür. Derin bir göl olmayan Tuz Gölü'nün denizden yüksekliği 925 m alanı ise 1500 km<sup>2</sup> dir. Türkiye'de göllerin toplandığı başlıca dört bölge vardır: Göller Yöresi (Eğirdir, Burdur, Beyşehir ve



Acıgöl), Güney Marmara (Sapanca, İznik, Ulubat, Kuş Gölleri), Van Gölü ve çevresi, Tuz Gölü ve çevresi. Türkiye'deki göllerin bazılarının derinliği 30 m'den fazladır, bazıları ise sadece birkaç metre derinliktedir. Van Gölü'nün derinliği 100 m'den daha fazladır. Köyceğiz Gölü gibi denizle bağlantısı olan göller az tuzludur. Doğal göller dışında Türkiye'de 555 kadar baraj gölü bulunmaktadır. Bunlardan bazılarının yüzey alanı; Atatürk Barajı 817 km<sup>2</sup>, Keban Barajı 675 km<sup>2</sup>, Karakaya Barajı 268 km<sup>2</sup>, Hirfanlı Barajı 263 km<sup>2</sup>, Altinkaya Barajı 118 km<sup>2</sup>, Kurtboğazı Barajı 6 km<sup>2</sup> dir. Türkiye göllerinin yanı sıra akarsuları açısından da zengin bir ülkedir. Kaynakları Türkiye topraklarında olan birçok akarsu değişik denizlere dökülür. Karadeniz'e Sakarya, Filyos, Kızılırmak, Yeşilirmak, Çoruh ırmakları; Akdeniz'e Asi, Seyhan, Ceyhan, Tarsus, Dalaman ırmakları; Ege Denizi'ne Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz ve Meriç nehirleri; Marmara Denizi'ne Susurluk/Simav Çayı, Biga Çayı, Gönen Çayı dökülür. Ayrıca Fırat ve Dicle nehirleri Basra Körfezi'nde, Aras ve Kura nehirleri ise Hazar Denizi'nde son bulur. Kızılırmak 1355 km, Yeşilirmak 519 km, Ceyhan Irmağı 509 km, Büyük Menderes 307 km, Susurluk Irmağı 321 km, Suriye sınırına kadar Fırat Nehri 1263 km, Dicle Nehri 523 km, Ermenistan sınırına kadar Aras nehri 548 km uzunluğundadır (DSİ, 2005).

Çizelge 1.2 Türkiye'nin toplam su kaynakları potansiyeli (DSİ, 2005)

Türkiye'nin yüzölçümü	780 000 km <sup>2</sup>
Yıllık yağış miktarı	501 milyar m <sup>3</sup>
Buharlaşma	274 milyar m <sup>3</sup>
Yeraltına sızma	41 milyar m <sup>3</sup>
Yıllık yüzey akışı	186 milyar m <sup>3</sup>
Kullanılabilir yüzey suyu	98 milyar m <sup>3</sup>
Yıllık çekilebilir su miktarı	14 milyar m <sup>3</sup>
Toplam Kullanılabilir Su (net)	112 milyar m <sup>3</sup>



Şekil 4. Türkiye havzaları

Tablo 1.3 Türkiye havzalarına göre su potansiyelleri (DSİ, 2005)

<b>Havza adı</b>	<b>Yağış Alanı (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Ort. yıllık Akış (km<sup>3</sup>)</b>	<b>Ort. yıllık verim ( l /s/km<sup>2</sup>)</b>
(21) Fırat Havzası	127 304	31,61	8,3
(26) Dicle Havzası	57 614	21,33	13,1
(22) Doğu Karadeniz Havzası	24 077	14,90	19,5
(17) Doğu Akdeniz Havzası	22 048	11,07	15,6
(09) Antalya Havzası	19 577	11,06	24,2
(13) Batı Karadeniz Havzası	29 598	9,93	10,6
(08) Batı Akdeniz Havzası	20 953	8,93	12,4
(02) Marmara Havzası	24 100	8,33	11,0
(18) Seyhan Havzası	20 450	8,01	12,3
(20) Ceyhan Havzası	21 982	7,18	10,7
(15) Kızılırmak Havzası	78 180	6,48	2,6
(12) Sakarya Havzası	58 160	6,40	3,6
(23) Çoruh Havzası	19 872	6,30	10,1
(14) Yeşilırmak Havzası	36 114	5,80	5,1
(03) Susurluk Havzası	22 399	5,43	7,2
(24) Aras Havzası	27 548	4,63	5,3
(16) Konya Kapalı Havzası	53 850	4,52	2,5
(07) Büyük Menderes Havzası	24 976	3,03	3,9
(25) Van Gölü Havzası	19 405	2,39	5,0
(04) Kuzey Ege Havzası	10 003	2,90	7,4
(05) Gediz Havzası	18 000	1,95	3,6
(01) Meriç-Ergene Havzası	14 560	1,33	2,9
(06) Küçük Menderes Havzası	6 907	1,19	5,3
(19) Asi Havzası	7 796	1,17	3,4
(10) Burdur Göller Havzası	6 374	0,50	1,8
(11) Akarçay Havzası	7 605	0,49	1,9
<b>TOPLAM</b>	<b>779 452</b>	<b>186,86</b>	

## **Türkiye sularının tuzluluk durumu**

Türkiye'deki akarsuların kalite analizleri Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) tarafından 1935'den günümüze dek yapılmaktadır. Elde edilen kalite verileri 1989, 1996 su kalitesi yıllıklarında yayınlanmıştır. Böylelikle EİE çalıştığı projelerdeki veri gereksinimini karşılamanın yanı sıra kamu ve akademik kuruluşların ihtiyaç duyduğu verilerin sağlanmasına katkıda bulunmaktadır (EİE, 2003).

EİE tarafından yayınlanan 'Türkiye Akarsularında Su Kalitesi Gözlemleri' yıllığı en son Eylül 2003 yılında yayınlanmıştır. Yayınlanan bu yılğın geniş bir özeti *Çizelge 1.4* 'de sunulmuştur. Elde edilen gözlem sonuçlarına göre Türkiye akarsularında tuzluluk ve sodyumluluk durumlarının düşük olduğu gözlenmektedir böylece akarsularımız iyi kaliteli olarak sınıflandırılabilir. Ancak Kızılırmak nehri, C<sub>4</sub>S<sub>1</sub> gibi oldukça yüksek tuzluluk düzeyine sahip iken Oltu çayı, Ergene nehri, Gediz nehri, Küçük Menderes, B.Menderes, Banaz çayı, Sakarya Nehri sularının kalite sınıfları da C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> olarak belirlenmiştir. Örnek alınan diğer akarsularımızın tuzluluk düzeyleri C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> ve C<sub>1</sub>S<sub>1</sub> olarak tespit edilmiştir ve sulama suyu tuzluluk düzeyi açısından sorunsuzdur.

Çizelge 1.4 EİE tarafından yayınlanan su kalitesi rapor özeti. (EİE, 2003)

Adı	Gözlem yılları	pH	EC mS\cm	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	(Ca+ Mg) <sup>++</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	SAR	Su sınıfı	Bor, mg/l
Meriç N-Meriç köprüsü	1970-2002	7.93	439.63	0.96	0.09	3.60	0.13	2.23	0.64	1.65	0.69	c2s1	0.217
Tunca N-Suakacağı	1970-1995	8.07	786.15	2.26	0.14	6.06	0.47	4.23	1.68	2.08	1.28	c3s1	0.283
Ergene N-Uzunköprü	1983-1996	8.08	1092.79	5.78	0.29	5.43	0.59	5.14	3.77	2.00	3.42	c3s1	0.251
Ergene N-Yenicegörece	1996-2002	8.29	1998.47	14.69	0.42	5.43	0.63	6.35	9.69	3.86	8.79	c3s1	0.328
Tunca N-Suakacağı	1995-2002	8.21	718.16	1.88	0.12	5.79	0.33	4.04	1.32	2.09	1.09	c2s1	0.136
Gönen Ç.-Kumköy	1971-1995	7.93	396.10	0.85	0.05	3.26	0.15	2.27	0.61	1.13	0.65	c2s1	0.255
Biga Ç.Çınarköprü	1999-2002	8.33	669.03	1.89	0.13	5.10	0.32	3.36	1.42	2.03	1.15	c2s1	0.302
M.Kemalpaşa Ç.-Döllük	1970-2002	8.20	539.27	0.50	0.06	5.46	0.38	3.76	0.41	1.47	0.30	c2s1	0.868
Simav Ç.-Yahyaköy	1983-2002	8.11	525.56	1.12	0.13	4.47	0.37	3.63	0.68	1.05	0.74	c2s1	1.646
Kocadere-Akçasusurluk	1970-2002	8.10	502.50	0.93	0.10	4.51	0.32	3.43	0.74	1.05	0.62	c2s1	1.041
Emet Ç.-Dereli	1995-2002	8.10	694.37	0.78	0.10	6.79	0.16	3.24	0.44	3.83	0.43	c2s1	4.577
Orhaneli Ç.-Dağgüney	1992-2002	8.22	616.21	0.42	0.06	6.45	0.32	4.28	0.33	1.99	0.23	c2s1	0.214
Bakırçay-Eğrigöl	1997-1998	8.28	548.17	1.02	0.16	4.76	0.48	3.29	0.70	1.48	0.66	c2s1	0.391
Bakırçay-Kurfalı	1998-2002	8.40	688.31	1.55	0.25	5.74	0.42	3.84	0.96	2.33	0.90	c2s1	0.260
Karamenderes-Aslanköprü	1998-2002	8.29	494.08	1.23	0.10	3.93	0.28	2.95	1.23	0.80	0.87	c2s1	0.137
Gediz N.-Manisa Köpr.	1970-2001	8.22	697.22	2.26	0.17	5.01	0.47	3.69	1.14	2.12	1.40	c2s1	0.442
Gediz N.-Acısu	1970-2002	8.28	949.06	3.97	0.33	6.17	0.78	5.40	1.15	3.15	2.30	c3s1	0.822
Gördes Ç.-Darıbüğü	1995-2002	8.30	457.99	0.77	0.10	4.13	0.34	2.79	0.46	1.41	0.53	c2s1	0.111
K.Menderes N.-Selçuk	1997-2002	8.32	923.81	4.62	0.25	4.55	0.35	3.59	3.51	1.96	2.82	c3s1	0.282
Çine Ç.-Kayırlı	1983-2002	8.11	464.01	0.75	0.06	4.23	0.25	3.29	0.54	0.96	0.53	c2s1	0.120
B.Menderes-Aydın Köp.	1985-2002	8.29	1215.55	3.40	0.21	10.26	0.56	4.49	1.46	7.35	1.47	c3s1	0.500
Çine Ç.-Çakırbeyli Köp.	1999-2002	8.34	449.87	0.93	0.11	3.81	0.27	2.79	0.73	1.06	0.66	c2s1	0.114
Banaz Ç.-Dörtdeğirmenler	1989-1998	8.17	976.38	3.71	0.23	6.36	0.50	4.85	2.81	2.13	2.07	c3s1	0.242

Başgöz Ç.-Çatallar	1994-1998	8.12	271.06	0.12	0.02	2.84	0.25	2.37	0.26	0.09	0.10	c2s1	0.119
Eşen Ç.-Kavaklıdere	1999-2002	8.31	295.80	0.25	0.03	2.89	0.22	2.48	0.28	0.19	0.21	c2s1	0.106
Dalaman Ç.-Akköprü	1970-2002	8.21	467.88	0.19	0.02	4.90	0.35	3.35	0.43	0.98	0.12	c2s1	0.122
Eşen Ç.-Kınık	1995-2002	8.22	327.40	0.39	0.03	3.16	0.21	2.68	0.31	0.38	0.33	c2s1	0.103
Karaçay-Kayadibi	1998-1999	8.19	304.80	0.40	0.02	2.92	0.15	2.48	0.26	0.44	0.33	c2s1	0.149
Köprüçay-Beşkonak	1983-2002	8.14	310.74	0.23	0.04	3.13	0.23	2.70	0.24	0.22	0.18	c2s1	0.129
Eğridir G.-Eğridir	1996-1998	8.33	393.79	0.49	0.07	3.90	0.54	3.33	0.33	0.27	0.35	c2s1	0.215
Manavgat Ç.-Sinanhoca	1999-2002	8.30	231.23	0.14	0.01	2.34	0.16	1.97	0.22	0.14	0.13	c1s1	0.109
Alara Ç.-Alarahan	1995-2002	8.15	261.92	0.11	0.01	2.69	0.13	2.25	0.22	0.21	0.09	c2s1	0.126
Alara Ç.-Narağacı	1994-1995	8.06	232.67	0.08	0.02	2.37	0.19	1.95	0.21	0.12	0.07	c1s1	0.089
Akarçay-Balca	1994-2002	8.20	582.48	2.01	0.18	3.96	0.21	3.29	1.51	1.12	1.44	c2s1	0.282
Porsuk Ç.-Beşdeğirmen	1983-2002	8.01	694.19	0.91	0.13	6.58	0.39	4.34	0.61	2.29	0.50	c2s1	0.354
Sakarya N.-Yenice	1983-2002	8.15	880.33	2.89	0.16	6.51	0.38	3.57	1.49	4.12	1.59	c3s1	0.529
Aladağ Ç.Karaköy	1983-2002	8.12	392.65	0.97	0.09	3.16	0.24	2.50	0.30	1.19	0.74	c2s1	0.188
Sakarya N.-Kargı	1970-1999	8.14	1220.86	3.86	0.17	9.18	0.54	4.42	2.37	5.89	1.78	c3s1	0.671
Sakarya N.-Botbaşı	1983-2001	8.12	670.21	1.88	0.11	5.23	0.31	3.44	0.99	2.48	1.15	c2s1	0.371
Sohu D.-Fındıklı	1991-2002	8.24	373.26	0.42	0.10	3.48	0.36	2.40	0.25	1.00	0.30	c2s1	0.118
Sakarya N.-Adatepe	2001-2002	8.44	809.06	2.51	0.13	6.12	0.44	3.75	1.36	3.20	1.42	c3s1	0.336
Devrekani Ç.-Azdavay	1983-2002	8.14	331.66	0.31	0.05	3.22	0.27	2.75	0.26	0.31	0.24	c2s1	0.119
Soğanlı Ç.-Karabük	1983-2002	8.18	460.25	1.14	0.08	3.73	0.31	2.80	0.47	1.37	0.83	c2s1	0.242
Karasu-Hacılar Köprüsü	1988-2002	8.10	355.56	0.45	0.04	3.33	0.20	2.87	0.36	0.39	0.35	c2s1	0.101
Bolu Ç.-Beşdeğirmenler	1983-2002	8.25	506.50	0.75	0.09	4.75	0.49	3.83	0.47	0.79	0.48	c2s1	0.190
Filyos Ç.- Derecikviran	1970-2002	8.13	429.78	0.73	0.06	3.83	0.27	3.02	0.45	0.89	0.52	c2s1	0.202
Korubaşı D.-Arap	1991-2002	8.19	357.74	0.22	0.04	3.61	0.25	2.87	0.21	0.54	0.16	c2s1	0.088
Küre Ç.-Çaykırı	1999-2002	8.19	357.74	0.22	0.04	3.61	0.25	2.87	0.21	0.54	0.16	c2s1	0.088
Kelkit Ç.-Fatlı	1970-2002	8.11	447.23	1.08	0.04	3.68	0.27	2.99	0.48	1.07	0.88	c2s1	0.225

Yeşilirmak N.- Çarşamba	1970-2000	8.09	464.21	0.99	0.06	3.93	0.29	3.20	0.55	0.93	0.71	c2s1	0.200
Yeşilirmak N.- Durucasu	1970-2002	8.13	613.81	1.36	0.09	5.19	0.39	4.06	0.65	1.55	0.83	c2s1	0.203
Tersakan Ç.- Ahmetsaray	1999-2002	8.30	312.64	0.38	0.05	2.95	0.23	2.58	0.24	0.33	0.31	c2s1	0.088
Kızılırmak N.-Yamula	1970-2002	7.96	1670.87	7.78	0.07	9.33	0.12	2.33	6.84	7.90	3.52	c3s1	0.241
Kızılırmak N.-Yahşihan	1983-2002	8.05	1406.27	6.15	0.11	8.28	0.22	2.37	4.96	7.00	3.01	c3s1	0.368
Karanlık D.-Şefaati	1994-2002	8.21	1124.44	5.67	0.13	5.88	0.29	3.62	4.01	3.76	3.08	c3s1	0.288
Kızılırmak N.-Gülşehir K.	1997-1998	8.11	1815.81	8.49	0.14	10.07	0.26	3.09	8.16	7.18	3.68	c3s1	0.496
Kızılırmak N.- Söğütlühan	1994-2002	8.12	3419.51	19.77	0.09	16.96	0.23	2.46	18.13	16.00	6.27	c4s1	0.288
Kızılırmak N.-Tuzköy	1998-2002	8.31	1729.52	8.31	0.15	9.31	0.32	3.14	7.34	6.97	3.79	c3s1	0.486
Çarşamba S.-Bozkır	1995-2002	8.20	306.78	0.15	0.04	3.13	0.17	2.63	0.25	0.26	0.12	c2s1	0.125
Göksu N.-Karahacılı	1970-2002	8.10	332.53	0.38	0.03	3.12	0.20	2.46	0.39	0.49	0.29	c2s1	0.129
Ermemek Ç.-Kırkkavak	1993-2002	8.09	290.16	0.14	0.02	2.92	0.15	2.35	0.24	0.35	0.12	c2s1	0.105
Ermemek Ç.-Çavuşköy	1985-2002	8.08	274.32	0.11	0.02	2.77	0.17	2.28	0.22	0.23	0.09	c2s1	0.139
Seyhan N.-Üçtepe	1970-2002	8.10	382.97	0.63	0.03	3.36	0.20	2.50	0.64	0.68	0.49	c2s1	0.109
Zamanti N.-Ergenuşağı	1991-2002	8.14	375.76	0.62	0.04	3.30	0.21	2.67	0.65	0.42	0.48	c2s1	0.086
Asi N.-Demirköprü	1984-2002	8.15	880.03	2.09	0.11	7.24	0.30	3.47	1.96	3.71	1.10	c3s1	0.162
Asi N.-Antakya	1997-2002	8.35	978.36	2.34	0.09	8.30	0.46	4.37	2.16	3.73	1.13	c3s1	0.146
Ceyhan N. Misis	1984-2002	8.16	467.30	0.92	0.05	4.11	0.31	3.13	0.77	0.86	0.64	c2s1	0.135
Göksun S.-Karaahmet	1984-2002	8.13	301.15	0.10	0.03	3.10	0.21	2.51	0.20	0.31	0.08	c2s1	0.102
Savrun D.-Kadirli Köp.	1995-2002	8.10	334.28	0.34	0.03	3.19	0.16	2.64	0.45	0.32	0.27	c2s1	0.113
Hurman S.-Tanır	1995-1995	7.94	249.85	0.14	0.03	2.45	0.09	2.04	0.27	0.23	0.13	c1s1	0.019
Ceyhan N.-Aslantaş	1991-2002	8.14	338.43	0.28	0.03	3.33	0.21	2.70	0.28	0.44	0.22	c2s1	0.111
Hurman S.-Gözlerüstü	1995-2002	8.17	292.05	0.18	0.04	2.92	0.17	2.39	0.27	0.31	0.15	c2s1	0.105
Peynirderesi-Peynirdere	1998-2001	8.37	356.13	0.36	0.04	3.61	0.25	3.14	0.25	0.36	0.27	c2s1	0.105

Murat N.-Palu	1973-2002	8.11	455.66	1.62	0.09	3.02	0.27	2.72	1.30	0.43	1.30	c2s1	0.282
Fırat N.-Keban	1972-2002	7.99	395.61	0.89	0.05	3.22	0.21	2.44	0.76	0.76	0.71	c2s1	0.157
Göksu N.-Malpınar	1988-2002	8.11	276.80	0.18	0.03	2.70	0.17	2.25	0.22	0.26	0.16	c2s1	0.084
Fırat N.-Kemahboğazı	1970-2002	8.14	518.07	1.18	0.05	4.34	0.38	3.49	0.98	0.71	0.79	c2s1	0.262
Munzur S.-Melekbağçe	1974-2002	7.94	340.00	0.19	0.02	3.39	0.12	2.56	0.35	0.57	0.15	c2s1	0.239
Tohma S.-Hicarcık	1990-2002	8.15	454.14	1.05	0.04	3.66	0.21	2.48	0.98	1.09	0.78	c2s1	0.105
Karasu-Aşağıkağdarcık	1987-2002	8.26	454.98	1.59	0.14	3.17	0.46	3.05	0.88	0.49	1.24	c2s1	0.586
Fırat N.-Bağıstaş	1991-2002	8.23	472.55	1.08	0.04	3.95	0.29	2.83	0.83	1.13	0.78	c2s1	0.183
Göynük Ç.-Çayağzı	1986-2002	8.17	296.43	0.74	0.09	2.39	0.25	2.37	0.32	0.28	0.66	c2s1	0.212
Peri S.-Loğmar	1984-2002	8.12	347.18	0.58	0.05	3.13	0.23	2.63	0.34	0.56	0.46	c2s1	0.147
Dumlu S.-Yeşildere	1987-1997	7.87	120.10	0.18	0.05	1.05	0.08	0.95	0.16	0.09	0.23	c1s1	0.154
Fırat N.-Belkızköy	1984-1999	8.09	361.38	0.76	0.05	3.01	0.23	2.31	0.57	0.71	0.62	c2s1	0.168
Murat N.-Akkonak	1987-2002	8.23	541.75	2.27	0.11	3.25	0.37	2.87	1.89	0.50	1.72	c2s1	0.345
Tacik D.-Mutuboğazı	1983-2002	8.16	336.07	0.33	0.02	3.29	0.26	2.54	0.25	0.59	0.25	c2s1	0.141
Dumlu S.-Yeşildere	1997-2002	8.08	121.41	0.16	0.04	1.11	0.09	1.03	0.10	0.08	0.21	c1s1	0.125
İyidere-Şimşirli	1970-2002	7.84	116.95	0.14	0.02	1.04	0.05	0.90	0.16	0.09	0.20	c1s1	0.131
Fol Deresi-Bahadırlı	1988-2002	8.05	261.52	0.50	0.05	2.15	0.15	1.81	0.39	0.36	0.45	c2s1	0.396
Fırtına D.-Topluca	1970-2002	7.81	113.18	0.11	0.02	1.06	0.05	0.87	0.15	0.11	0.13	c1s1	0.248
Melet Ç.-Gocallı Köp.	1970-2002	8.02	237.93	0.31	0.04	2.15	0.15	1.84	0.22	0.29	0.29	c1s1	0.111
Değirmendere-Kanlıpelit	1992-1995	7.96	222.81	0.18	0.02	2.11	0.15	1.79	0.18	0.20	0.17	c1s1	0.131
Değirmendere-Esiroğlu	1995-2002	8.14	227.52	0.18	0.02	2.21	0.15	1.75	0.17	0.34	0.17	c1s1	0.098
Pazarsuyu D.-Emecan	1999-2002	8.04	159.30	0.14	0.02	1.48	0.07	1.06	0.14	0.38	0.17	c1s1	0.082
Keşap D.-Altınpınar	1999-2002	8.20	238.86	0.20	0.01	2.29	0.13	1.77	0.19	0.42	0.19	c1s1	0.108
Çoruh N.-Bayburt	1971-2002	8.07	324.86	0.41	0.04	3.05	0.19	2.72	0.28	0.31	0.34	c2s1	0.225
Çoruh N.-Karşıköy	1971-2002	7.91	293.74	0.50	0.03	2.53	0.10	1.92	0.36	0.68	0.44	c2s1	0.271
Barhal D.-Dutdere	1990-2002	7.97	167.99	0.16	0.02	1.53	0.06	1.18	0.15	0.32	0.17	c1s1	0.145

Çoruh N.-Altınsu	1984-2001	8.06	346.10	0.78	0.04	2.90	0.21	2.31	0.36	0.84	0.63	c2s1	0.219
Oltu S.-İşhan Köprüsü	1984-2002	8.16	548.39	1.95	0.06	3.83	0.29	2.94	0.84	1.77	1.38	c2s1	0.447
Oltu S.-Aşağıkumlu	1990-2002	8.27	918.32	4.30	0.08	5.63	0.42	4.20	2.03	3.37	2.52	c3s1	0.979
Berta S.-Çiftehanlar	1990-1998	8.03	237.68	0.45	0.03	2.04	0.17	1.91	0.20	0.24	0.44	c1s1	0.117
Oltu S.-Coşkunlar	1991-2002	8.30	766.67	3.32	0.08	4.93	0.45	3.82	1.60	2.46	2.07	c3s1	0.722
Deviskel D.-Gündoğdu	1988-2001	7.96	135.11	0.12	0.02	1.28	0.07	1.13	0.12	0.10	0.15	c1s1	0.118
Berta S.-Bağlık	1995-2002	8.14	215.71	0.38	0.02	1.90	0.15	1.70	0.19	0.27	0.38	c1s1	0.152
Çoruh N.-Çamlıkaya	1999-2002	8.31	279.78	0.36	0.04	2.64	0.19	2.30	0.17	0.37	0.31	c2s1	0.118
Murgul S.-Erenköy	1989-2001	7.46	382.31	0.13	0.05	3.70	0.00	1.02	0.17	2.69	0.10	c2s1	0.130
Kars Ç.-Şahnalar	1984-2002	8.11	309.81	0.80	0.09	2.46	0.29	2.32	0.42	0.32	0.71	c2s1	0.211
Bendimahi Ç.- Gönderme	1995-2002	8.39	616.01	3.13	0.28	3.59	0.60	5.53	0.41	0.46	2.35	c2s1	0.891
Güzelsu Ç.-Güzelsu	1988-2002	8.18	370.08	0.68	0.05	3.36	0.26	3.06	0.30	0.47	0.53	c2s1	0.153
Dicle N.-Diyarbakır	1972-2002	7.97	458.98	0.59	0.06	4.19	0.26	2.79	0.66	1.13	0.40	c2s1	0.127
Bitlis Ç.-Baykan	1987-2002	8.17	328.60	0.33	0.05	3.18	0.28	2.65	0.29	0.35	0.26	c2s1	0.208
Dicle N.-Çayönü	1972-1997	7.93	437.96	0.41	0.04	4.20	0.15	2.57	0.46	1.46	0.28	c2s1	0.133
Zap S.-Musahan	1972-2002	7.97	413.95	0.83	0.05	3.53	0.16	3.15	0.63	0.47	0.62	c2s1	1.308
Botan Ç.-Billoris	1983-1996	8.06	358.85	0.59	0.04	3.20	0.21	2.45	0.54	0.64	0.46	c2s1	0.161
Zap S.-Teknisyenler	1985-2002	8.17	348.81	0.56	0.06	3.21	0.28	2.91	0.31	0.32	0.44	c2s1	0.496
Botan Ç.-Billoris	1996-2002	8.23	373.32	0.62	0.04	3.31	0.21	2.45	0.58	0.72	0.47	c2s1	0.159
Garzan Ç.-Kozluk	2002-2002	8.15	366.33	0.37	0.03	3.47	0.07	2.77	0.39	0.64	0.28	c2s1	0.153



## Türkiye'nin Toprak Kaynakları

Devlet İstatistik Enstitüsü'nün 28 Mayıs-30 Eylül 2001 tarihleri arasında uyguladığı VII. Genel Tarım Sayımı sonuçlarına göre: Tüm köyler ve nüfusu 25000 'den az olan il ve ilçe merkezlerinde tarımsal faaliyetle uğraşan 4 106 983 hane halkı ile 22 156 234,5 ha işlenen arazi belirlenmiştir. Değerlendirmeye alınan hane halkı sayısı 6 189 351; toplam arazi 66 878 178,2 ha'dır. Türkiye arazi varlığı, toplam 77 899 700 ha'dır. Arazi kullanım türlerine göre ülke arazi varlığının %36,0'sı işlenen tarım arazileri; %27,6 'sı çayır- mera arazileri; %29,8 'i orman ve fundalık arazileridir. Geriye kalan %6,6 'lık bölümünde yerleşim yerleri, ürün elde edilmeyen araziler ve su yüzeyleri yer alır (DİE, 2005).

Toprak sınıflaması konusunda ilk olumlu çalışmalar 1951 yılında, Tarım Bakanlığının bünyesindeki "Toprak Muhafaza ve Zirai Sulama Teşkilatı" ile başlamıştır. Bakanlık 1951 ve 1952 yıllarında Amerika Birleşik Devletlerinden uzmanları topraklarımızın incelenmesi için davet etmiştir ve elde edilen sonuçlar 1/800000 ölçekli "Türkiye Umumi- Genelleştirilmiş- Toprak Haritası" ve Raporuyla birlikte, 1958 yılında yayımlanmıştır. Bu Etüd çalışması, 1938 Eski Amerikan Sınıflama Sistemine göre yapılmıştır. Raporda tarıma uygun olan arazinin alanı, yaklaşık  $16 \times 10^6$  ha ve bu alanında yaklaşık  $4 \times 10^6$  ha, sulu tarım arazisi olarak saptanmıştır. Ülkenin yaklaşık %80'inin fiziki olarak tarım yapmaya uygun değil bilgisi; şimdiki verilerimize de Mutlak tarım toprakları açısından kısmen yakındır. Daha sonra Toprak Etüd ve Haritalama çalışmaları yetkisi 28.2.1960 tarihinde yürürlüğe giren 7457 sayılı yasayla Toprak-Su Genel Müdürlüğüne verilmiştir. Toprak kaynaklarımıza ait veri tabanı oluşturmak ve tarımsal planlamalara hizmet götürebilmek için 1966 yılında, 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalardan da yararlanarak "İstikşafi- Yoklamalı/Gözlemlî" karakterli "Türkiye Geliştirilmiş Toprak haritaları" İl'ler bazında yapımına başlanmış ve 1971 yılında sonuçlandırılmıştır. 1981-1984 yılları arasında ise haritaların yenileme çalışmaları yapılmış ve il bazında 1/25000 ölçekli olarak toprak haritaları ve açıklayıcı raporları yayımlanmıştır (Cangır ve ark., 2005).

Ülkemizde arazi varlığı ile ilgili çalışmada I. sınıf araziler 5 086 087 ha ve II. sınıf araziler ise 6 772 873 ha büyüklüğündedir (*Çizelge 1.5*). Tarım arazilerinin tarım dışı bırakılmasıyla ilgili yasa yönetmeliğine göre tarım dışı amaçla kullanılmayan I. ve II. Sınıf araziler ülke topraklarının ancak %15.2 bölümünü içerirken, orman ve mer'a olarak kullanılanlar ise VI. ve VII. sınıf araziler olup bunlarda Türkiye arazi varlığının yarısından fazla bir bölümünü içermektedir (Altınbaş ve ark., 2004).

Çizelge 1.5 Türkiye arazi varlığının arazi kullanım yetenek sınıflarına göre dağılımı (Altınbaş ve ark., 2004).

Kullanım özellikleri	Arazi kullanım yetenek sınıfı	Alan , ha	Toplam alan, ha
Toprak işlemesine uygun araziler	I	5.086.087	26.566.768
	II	6.772.873	
	III	7.282.763	
	IV	7.425.045	
Toprak işlemesine uygun olmayan araziler	V	127.934	46.790.036
	VI	10.825.762	
	VII	35.836.340	
Tarıma uygun olmayan araziler (su yüzeyleri, yerleşim yerleri dahildir)	VIII	4.542.896	4.542.896
Genel toplam			77.899.700

### **Türkiye topraklarının tuzluluk sorunu**

Kurak ve yarı kurak bölgelerde yetersiz yağıştan dolayı çözünebilir tuzlar uzaklara taşınamamakta, özellikle sıcak ve yağışsız olan dönemlerde, tuzlu taban suları kılcal yükselme ile toprak yüzeyine kadar ulaşabilmektedir. Evaporasyonun yüksek oluşu nedeni ile sular, toprak yüzeyinden kaybolurken beraberinde taşıdıkları tuzları toprak yüzeyinde veya yüzeye yakın kısımlarda bırakmaktadır. Diğer bir deyişle, bu bölgelerdeki tuzlulaşmanın temel nedeni yağışların yetersiz, buna karşılık evaporasyonun yüksek olmasıdır (Richards, 1954).

Çizelge 1.6 KHGM tarafından yapılan toprak geliştirme çalışmaları, (KHGM, 2005)

Uygulama yılları	Tarla içi geliştirme hizmetleri	Drenaj ve Tuzluluk Islahı	TOPLULAŞTIRMA
	(Ha)	(Ha)	(Ha)
1965	104.181	49.524	456
1966	109.331	61.793	1.300
1967	115.572	72.404	3.258
1968	122.698	83.660	6.371
1969	132.024	94.403	11.755
1970	147.202	101.418	17.942
1971	169.202	105.519	23.124
1972	187.953	111.035	28.349
1973	211.378	118.823	31.527
1974	231.318	125.674	34.598
1975	255.685	132.778	36.000
1976	294.937	143.983	41.217
1977	334.224	161.688	43.406
1978	351.808	167.280	47.658
1979	367.648	174.992	52.149
1980	385.331	182.106	52.149
1981	408.876	194.373	56.459
1982	439.519	206.217	57.045
1983	469.787	222.027	62.485
1984	508.440	243.965	65.517
1985	548.553	259.527	67.982
1986	596.203	279.208	72.136
1987	634.217	286.912	79.475
1988	656.717	291.212	85.993
1989	669.828	297.329	88.748
1990	698.065	304.832	102.525
1991	723.345	308.466	107.024
1992	741.219	309.822	119.452
1993	775.888	316.300	148.800
1994	802.623	317.163	167.510
1995	823.355	318.756	174.345
1996	847.509	318.386	192.253
1997	892.598	322.114	255.840
1998	915.134	323.593	265.151
1999	944.089	324.348	276.997
2000	963.234	328.182	290.935
2001	977.687	329.277	304.566
2002	1.005.965	325.986	321.752
2003	1.029.466	327.638	332.668
2004	1.037.468	338.461	339.237

Suyun en fazla kullanıcısı olan tarım, kültür bitkilerinin üretimleriyle ilgili işlevleri kapsar. Türkiye’de, sosyal ve ekonomik yönüyle, halkın yaşamında önemli rol oynamaktadır. Tarım, toplam milli gelirin %19’unu, dışsattımın %9’unu oluşturur. Tarımsal işlevlerle toplumun yaklaşık %51’ine iş olanağı sağlanmaktadır (Kılınçer ve ark., 2002).

Ekonomik ve sosyal sorunların çözümü için toprak ve su kaynaklarının akılcı biçimde kullanımı zorunludur. Ancak, Türkiye’de toprak ve su kaynaklarının kullanımı ile ilgili çok sayıda sorun bulunmaktadır. Sulanabilir nitelikteki arazilerin ancak %17.57 kadarı sulanmakta; yüzey su kaynaklarının %66.85 ‘i, yeraltı suyu potansiyelinin ise %26.83 ‘ü henüz kullanılmamaktadır (Kanber ve ark. 2005).

Yarı kurak iklim koşullarında sulama yapılan alanlarda önemli bir sorun olan tuzluluğun potansiyel etkisi, sadece ürün verimi üzerine değil, aynı zamanda arazilerin tuzlulaşması, toprağın ve suyun bozulması ve yer altı sularına tuzun karışarak kalitelerinin bozulmasına neden olmaktadır (Feng ve ark., 2003). Aynı zamanda tuzluluğun neden olduğu arazi bozunması sonucu gıda üretimi olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Kurak ve yarı kurak alanlarda biriken tuzlu taban sularının uzaklaştırma şansı olmadığına ciddi bir problem oluşturmakta ve farklı kullanımlar için ihtiyaç duyulan kaliteli suya olan talebi artırmaktadır (Sharma ve ark., 1993 ve 1994).

Türkiye’de sulamaya uygun olan 12.5 milyon hektarlık arazinin, il toprak kaynakları envanterine göre, yaklaşık 1.5 milyon hektarında tuzluluk ve alkalilik, 2.8 milyon hektarında ise drenaj sorunu bulunmaktadır. (Güngör ve Erözel, 1994). *Çizelge 1.7*’de Türkiye’nin sorunlu alanların dağılımı *Çizelge 1.8*’de ise bu alanların iller bazında dağılımı sunulmuştur.

*Çizelge 1.7 Türkiye’deki sorunlu alanlar (Kanber ve ark., 2005)*

Sorunun Niteliği	Alan, ha	Sorunlu Alanlara Göre, %
Hafif tuzlu	614.617	41.0
Tuzlu	505.603	33.0
Alkali	8.641	0.5
Hafif tuzlu-alkali	125.863	8.0
Tuzlu-Alkali	264.958	17.5
Toplam	1.519.682	100.0

Bu tablo Türkiye’de sulamaya uygun arazilerin yaklaşık % 32.5’inde tuzluluk, alkalilik ve drenaj sorunu olduğunu göstermektedir. Toprakların tuzlulaşma ve alkalileşmesini sulama, drenaj, toprak özellikleri, fizyografya ve iklim gibi faktörler önemli ölçüde etkilemektedir. Bu faktörlerin uygun olduğu ve yoğun araştırmalar yapılan bazı ovalarımızdan olan Harran, Amik, Konya ve Aşağı Seyhan Ovalarının tuzlulukla ilgili bazı çalışma sonuçları aşağıda verilmiştir.

**Harran Ovası:** Drenaj sistemleri kurulmadan ve özellikle drenaj boşaltım sorunu çözümlenmeden aşırı miktarlarda yeraltı kuyu sularıyla yapılan sulamalar sonucu Harran Ovası’ndaki topraklarda tuzluluk önemli boyutlara ulaşmıştır. Alanda,

tuzluluk sorunlarının artmasındaki diğer bir etken ise sulama sularının yeterli olmadığı dönemlerde kalitesi oldukça düşük olan drenaj sularının sulama amacıyla kullanılmış olmasıdır (Ergezer ve Ağca, 1995). Harran Ovasında tuzluluğun yayılma olasılığının yürütülmesi amacı ile yapılan çalışmada, söz konusu serilerin kapladığı alanların önemli bir bölümünün tuzdan etkilendiği belirlenmiştir. Bu serilerden özellikle Akçakale, Ekinyazı ve Gürgelen serilerinin en çok etkilenen seriler olduğu gözlenmiştir. Bu serilerde topoğrafik yapı ve taban suyu seviyesine göre kısmen alkalileşmenin başladığı saptanmıştır. Çalışmada, 1995 yılında yapılan sulamanın tuzlu taban sularını yüze daha fazla yaklaştırmasından dolayı tuzlulukta artışların meydana geldiği ifade edilmiştir. Söz konusu alanda yapılan analizler sonucunda toprakların kireç içerikleri % 13.39-48.97, KDK 17.65-46.39 me /100 g, pH 7.67-8.40, EC 0.316-19.15 dS/m, % çözünebilir tuz 0.01-1.14 ve ESP'leri ise 0.05-39.12 değerleri arasında olukları ölçülmüştür (Çullu ve ark., 2000a). Harran Ovası Topraklarında sulamanın başlamasından sonra tuzdan etkilenen topraklardan alınan örneklerde hidrolik iletkenlik, strüktürel özellikler, kil minerallerindeki değişim ve tuz içerikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, sulama sonrasında strüktür stabilitesinde ve agregasyonda hafif bir bozulma belirlenirken, hidrolik iletkenlikte önemli bir azalma olduğu belirlenmiştir. Aynı alanın kil minerallerinde belirgin bir değişim gözlenmezken, tuz içeriğinde önemli artışlar saptanmıştır (Çullu ve ark., 2000b). 1987 yılında hazırlanan toprak haritası (Dinç ve ark., 1988) ve 1997 ve 2000 yıllarında yapılan tuzluluk haritasının GIS ortamında entegre edilmesi sonucunda tuzluluktaki değişim izlenmiş ve 2000 yılında Harran Ovası'nda toplam olarak 11403 ha tuzlu alan olduğu belirlenmiştir (Çullu ve ark., 2002).

**Amik Ovası:** Ova topraklarının tamamı hafif bazik reaksiyonlu olup, herhangi bir alkalilik sorunu bulunmamaktadır. Toprakların yaklaşık 2/3'ünün tuzsuz olduğu, tuzluluk sorunu olan toprakların tümü, hafif tuzlu topraklar sınıfına girdiği görülmektedir.

**Konya Ovası:** Konya kapalı havzasının toplam yüzölçümü 4.329.969 hektardır. Havza topraklarının 509.382 hektarında tuzluluk ve sodyumluluk, 623.446 hektarında ise drenaj problemi mevcuttur. Konya TİGEM arazilerinde yapılan bir çalışmada, toprakların tuzlulaşmasına ve yer yer sodyumlaşmasına yüksek taban suyu ve taban suyu tuz konsantrasyonunun etkili olduğu tespit edilmiştir.

**Aşağı Seyhan Ovası:** Aşağı Seyhan Ovası (ASO) kuzeyde 61 m kota sahip, batıda Berdan Nehri, güneyde Akdeniz ve doğuda ise Ceyhan Nehirleri ile çevrelenmekte ve 210.000 ha genişliğe sahiptir. Ovada yapılan taban suyu izleme 1.010.051 hektar alan üzerinde yapılmaktadır. Sulamanın en yoğun olduğu aylarda taban suyu 0-1 m arasında yer almaktadır. Drenajı bozuk olan bu alanlarda 36.434 hektarda tuzluluk sorunu bulunmaktadır (Demir ve Antepi, 2004).

## **Kaynaklar**

- Altınbaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Okur, N., Kurucu, Y., Delibacak, S., 2004. toprak bilimi. Ege üniversitesi, Toprak bölümü. İzmir.
- Anonymous, 2003. Ulusal Nüfus Projeksiyonları. DİE Yayınları. (Basımda) Ankara.
- Cangir, C., Poyraz, D., ve Haktanır K., 2005. Toprak kaynakları ve kullanımı. Ziraat Mühendisleri Odası 6. Teknik Kongresi 3-7 Ocak 2005.
- Çakmak, B., Aküzüm, T., Çiftçi, N., Zaimoğlu, Z., Acar, B., Şahin, M., Gökalp, Z., 2005. Su kaynaklarının geliştirme ve kullanımı. Ziraat Mühendisleri Odası 6. Teknik Kongresi 3-7 Ocak 2005.
- Çullu, M. A., Almaca, A., Öztürkmen, A. R., Ağca, N., İnce, F., Derici, M. R., 2000a. Harran Ovası Topraklarında Tuzluluğun Yayılma Olasılığının Belirlenmesi. T. C. Başbakanlık GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı.
- Çullu, M. Almaca, A., Çelik, İ., 2000b. Degradation of The Harran Plain Soils Due To Irrigation. Proceedings of International Symposium on Desertification. Konya, s. 193-197.
- Çullu, M. Almaca, A., Çelik, İ., 2002. Degradation of The Harran Plain Soils Due To Irrigation. Proceedings of International Symposium on Desertification. Konya- Turkey. 193-197.
- Demir, N., Antepli, S., 2004. Aşağı Seyhan Ovası Sulaması Taban Suyu ve Tuzluluk Problemleri Değerlendirme Çalışması.. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu. 20-21 Mayıs Ankara.
- DİE, 2005. [www.die.gov.tr](http://www.die.gov.tr). Devlet İstatistik Enstitüsü
- Dinç, U., S. Şenol, M. Sayın, S. Kapur, N. Güzel, R. Derici, M. Ş. Yeşilsoy, İ. Yeğingil, M. Sarı, Z. Kaya, M. Aydın, F. Kettaş, A. Berkman, A. K. Çolak, K. Yılmaz, B. Tunçgöğüs, V. Çavuşgil, H. Özbek, K. Y. Gülüt, C. Karaman, O. Dinç, N. Öztürk, E. E. Kara., 1988. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları (GAT) 1. Harran Ovası. TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Grubu GÜDÜMLÜ Araştırma Projesi Kesin Sonuç Raporu. Proje No:TOAG-534, Adana
- DPT, 2001. Su Havzaları ve Yönetimi Özel komisyon Raporu. DPT Sekizinci Bes Yillik Kalkınma Planı (2001-2005) Ankara.
- DSİ, 2005. [www.dsi.gov.tr](http://www.dsi.gov.tr). Devlet Sulama İşleri Genel Müdürlüğü.
- EİE, 2003. Türkiye akarsularında su kalitesi gözlemleri. Elektrik işleri etüt idaresi.
- Ergezer, Ş., Ağca, N. 1995. Harran Ovasının Sulanan Alanlarında Toprak, Sulama Suyu ve Taban Sularının Tuzlulukla İlgili Özellikleri ve Bunlar Arasındaki İlişkiler. Harran Ün. Zir. Fak. Der. 1(3), s. 91-108.
- Feng, G. L. A., Meiri, J. L., 2003. Evaluation A Model For Irrigation Management Under Saline Conditions: II. Salt Distribution And Rooting Pattern Effects. Soil Science Soc. Am. Jour. Vol: 67, s. 77-80
- Fischer, G., G.K., Heilig. 1997. "Population Momentum and The Demand On Land And Water Resources" Phil. Trans. R. Soc. London, 352:869-889.
- Hoffman, G.J. Water Quality Criteria for Irrigation. EC97-782, 2005.
- Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepli, S., Yılmaz, N., 2005. Sulama, drenaj ve tuzluluk. Ziraat Mühendisleri Odası 6. Teknik Kongresi 3-7 Ocak 2005.
- Kılınçer, N., Çakmak, İ., Eriş, A., Kanber, R., Kınacı, E., Yurdakul, O., 2002. TÜBİTAK'ın Tarım Sektörüne Yönelik Yaklaşım Ve Politikalarını Belirlemesine İlişkin Yapılan Değerlendirme Çalışması. TÜBİTAK-TOGTAG, Çittage Raporu. Basılmamış. Ankara, 146
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils . U.S. Dept. Agr. Handbook. 60 s.
- Sharma, D.P., Rao, K.V.G.K., Singh, K.N., Kumbhare, P.S., 1993. Management of subsurface saline drainage water. Indian Farming 43 15±19.
- Sharma, D.P., Rao, K.V.G.K., Singh, K.N., Kumbhare, P.S., 1994. Conjunctive use of saline and non-saline irrigation waters in semi-arid regions. Irrig. Sci. 15 25±33.
- Tanji, K.K. Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE manuals and Reports on Eng. Practice No.71, ASCE, N.Y. 1996.
- Yurtseven, E. Ülkemiz nehir su kaynaklarının kalite değerlendirmesi. VI.Ulusal Kültürteknik Kongresi 5-8 Haziran 1997, Kirazlıyayla-Bursa, VI.Kültürteknik Kongresi Bildirileri, s.453-459, Kültürteknik Derneği, A.Ü. Basımevi, Ankara, 1997.