

## Akarçay havzası için entegre su kaynakları yönetiminin belirlenmesinde weap (water evaluation and planning system) modelinin uygulaması

Hasan YILMAZ<sup>1</sup>, Mustafa TOMBUL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara

<sup>2</sup> Anadolu Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir

Makale Gönderme Tarihi: 08.10.2015

Makale Kabul Tarihi: 15.06.2016

### Öz

Günümüzde hızla atan nüfus ve buna bağlı gelişen içme-kullanma, sulama ve endüstri su ihtiyaçlarının karşılanabilmesi, ancak entegre bir su yönetiminin etkin şekilde uygulamasıyla mümkün olabilmektedir. Bu bağlamda, su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılmasına dair havza eylem planlama çalışmaları yapılmaktadır. Bu alandaki ilk detaylı havza planlaması 2013 yılında tamamlanan Akarçay Havzası Master Plan Çalışmasıdır.

Havza planlama çalışmalarında daha detaylı sonuçların elde edilmesi amacıyla farklı metod ve programlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Akarçay Havzası için su bütçesinin hesaplanmasında ve entegre su kaynakları yönetiminde WEAP programından yararlanılmıştır.

WEAP Modelinde, yağış, akış, buharlaşma vb. gibi hidrolojik veriler ile nüfus, sulama arazileri ve endüstriyel su kullanımlarına ait uzun yıllar (1960-2010) arası ölçüm değerleri kullanılmıştır. Hidrolojik verilere ait uzun yılların ortalaması alınmış ve bulunan bu ortalama değer mevcut yıl olarak kabul edilmiştir. Mevcut yıl referans alınarak havzanın geleceğe yönelik (2011-2050) su bütçesi için iki farklı senaryo üretilmiştir.

Bu senaryolardan ilki uzun yıllardaki hidrolojik verilerden en yüksek akım değerlerine sahip olan yılın hidrolojik verileri kullanılarak iyimser senaryo oluşturulmuş ve iyimser senaryoya göre havzanın su bütçesi hesaplanmıştır. Diğer senaryo ise yine uzun yıllardaki akım değerlerin en düşük olduğu yılın hidrolojik verileri kullanılarak kötümser senaryo oluşturulmuş ve kötümser senaryoya göre havzanın su bütçesi hesaplanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Entegre su kaynakları yönetimi, havza yönetimi, WEAP modeli, Akarçay havzası

## Giriş

Tarih boyunca en değerli madde olarak kabul edilen su, hem yaşamın kaynağı hem de doğanın dengesini sağlayan en değerli unsurdur. Her geçen gün artan dünya nüfusu ve buna bağlı olarak gelişen tarım, sanayi ve endüstri ihtiyaçları neticesinde su talepleri gün geçtikçe artmaktadır. Mevcut su kaynaklarının azlığı, aşırı ve bilinçsiz tüketimi, bu talebin karşılanmasını imkânsız kılmaktadır. Ancak su kaynaklarının verimli kullanımı ve entegre yönetimi ile su ihtiyaçların karşılanması mümkün olabilmektedir. Bu da entegre su kaynakları yönetiminin önemi bir kat daha artırmaktadır. Su kaynakları yönetimi her ne kadar insan yaşamının gereksinimlerini karşılamak için düşünülse de, hidrolojik çevrim döngüsünün devamlılığı olarak değerlendirilmesi daha rasyonel bir yaklaşım olacaktır.

Su kaynakları yönetim kavramı; Bölgenin tarımsal faaliyetlerine, enerji gereksinimlerine, toplumsal ihtiyaçlarına, sosyo-ekonomik gelişmelerine de yön vermesi açısından aktif rol almaktadır. Bölgenin gerek mevcut durumda su ihtiyaçlarını karşılayabilmek, gerekse gelecekte artacak nüfus, tarımsal faaliyetler, endüstri ve sanayi kollarının gelişmesi ve bölgenin enerji ihtiyaçları toplamında olası su artış ihtiyaçlarını karşılayabilmelidir. Bu bağlamda su tüketimi konusunda bilincin yerleştirilmesi gerekmektedir (Grigg 1996).

Geçmişten beri yaşanan ve dolaylı olarak sudan kaynaklanan afetlerin (sel, tsunami, heyelan vs.) oluşturduğu can ve mal kayıplarının önüne geçilmesi, özellikle küresel ısınmaya paralel olarak ortaya çıkan ve 20.yüzyılın son yarısından bu yana hızla artış gösteren endüstri ve sanayi kollarının gelişmesiyle oluşan enerji ihtiyacı ve bu ihtiyaçların karşılanması, endüstri ve sanayiden kaynaklanan çevre ve su kirliliği, mevcut su kaynaklarının bol olduğu bölgelerde enerji ve maddi gelir elde etme isteği; su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde ise kaynakların en verimli şekilde kullanılma zorunluluğu, hızla artış gösteren nüfus ve buna

bağlı olarak ortaya çıkan atık suların arıtılması ve rehabilite edilerek tekrar kullanılması, çevresel bütünlüğün sağlanması gibi etkenler “Entegre Su Kaynakları Yönetimi” kavramının ortaya çıkma nedenlerinden bazılarıdır (Harmancıoğlu vd.,2002).

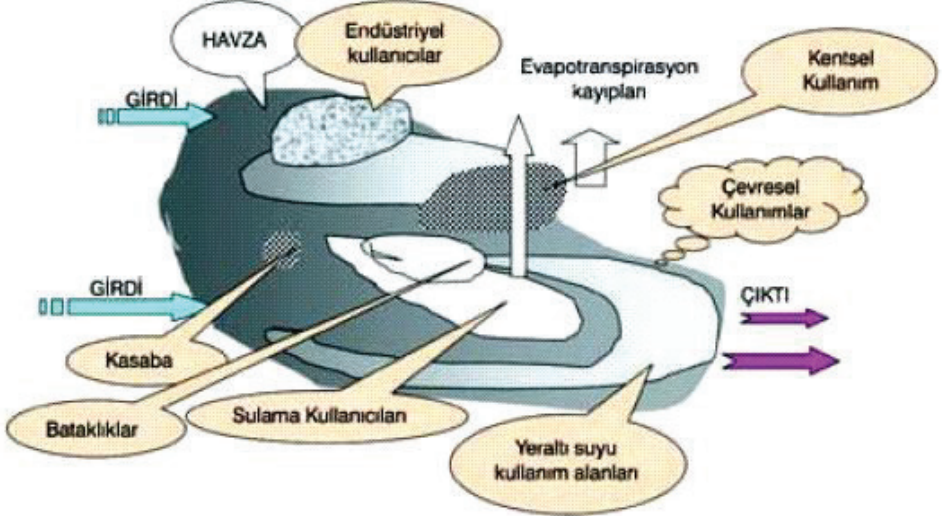
Tüm bu etkenlerden dolayı gerek çevresel bütünlüğü sağlamak gerekse su kaynaklarının insan ve doğa yaşamı için zararlarından korunarak faydalarından yararlanmak noktasında entegre su kaynakları yönetiminin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bununla birlikte entegre su kaynakları yönetimi yapılırken hidrolojik sistemin en doğru şekilde incelenmesi için havza ölçeği küçültülerek alt havzalara bölünmesi ve çalışmaların derinleştirilmesi gerekmektedir (Grigg 1999).

Özet kısmında da belirtildiği gibi bu çalışmada, WEAP programı kullanılarak Akarçay Havzası Entegre Su Kaynakları Yönetim Çalışması yapılmış olup geleceğe yönelik 2 farklı senaryo türetilmiştir. 1960 – 2010 yıllarına ait hidrolojik veriler ile birlikte nüfus verileri kullanılmıştır. Eldeki veriler ışığında uzun yıllara ait hidrolojik ve nüfus verilerinin ortalaması alınmış ve bu ortalama havzanın mevcut durumu olarak WEAP modelinde sistemi tanıtılmıştır.

Hidrolojik verilerin en bol olduğu yıldaki veriler kullanılarak 2011-2050 arası iyimser bir senaryo oluşturularak havzanın su bütçesi hesaplanmıştır, benzer şekilde hidrolojik verilerin en az olduğu yıldaki veriler kullanılarak 2011-2050 arası kötümser bir senaryo oluşturularak havzanın su bütçesi hesaplanmıştır.

Bu hesaplamalar yapılırken; havza içindeki mevcut yapılar dikkate alınmıştır. İnşaat halinde olan veya gelecekte yapılması planlanan baraj, gölet rezervuar vs. sisteme dâhil edilmemiştir. Bununla birlikte hali hazırda sulanmayan ancak gelecekte sulanması planlanan veya kapasitesinin artırılması düşünülen tarım arazileri de sisteme dâhil edilmemiştir. Son olarak, yaz aylarında kuruyan, süreklilik arz etmeyen küçük çaplı dere, gölet gibi yapılarda

sisteme dâhil edilmemiştir. Bir akarsu olarak tanımlanması Şekil.1’de gösterilmiştir. havzasının çeşitli su kullanımlarına göre sistem



Şekil -1 Bir akarsu havzasının çeşitli su kullanımlarına göre sistem olarak tanımlanması

## Çalışma alanı

Akarçay havzası, Ege ile İç Anadolu bölgelerinin arasında yer almakta olup, 1995 km<sup>2</sup>’lik yağış alanına sahiptir. Havza kapalı havza niteliğinde olup denizle bağlantısı bulunmamaktadır. Doğusunda Konya Kapalı Havzası, batısında Büyük Menderes Havzası, güneyinde Eğirdir Gölü Kapalı Havzası ve kuzeyinde Sakarya Nehri Havzası bulunmaktadır.

Havza suları, yağıştan akışa geçen suyun bir miktarı membanın batısındaki Akdeğirmen Barajında, güneyinde Selevir Barajında, kuzeyinde Seyitler Barajında içme-sulama-tarım suyu ihtiyacı için depolanmakta, kalan su miktarları ise havzanın çukur bölgesi olan güney doğusundaki Eber ve Akşehir göllerini oluşturmaktadır.

Özellikle, son yıllarda nüfusun artmasına paralel olarak sulama ve içme-tarım suyu ihtiyacındaki artıştan dolayı yüzey suları üzerinde depolamalar yapılması zorunlu hale gelmiştir.

Bunun sonucunda göllere giden sulara azalma olduğundan göl yüzeyleri küçülmüştür. Ayrıca son dönemlerde havzada hüküm süren meteorolojik ve hidrolojik kuraklık sonucu göllere ulaşan yüzeysel akımlar daha da azaldığından göllerin yüzey alanları daha da küçülmüş, kuruma tehlikesiyle karşı karşıya kalmışlardır. Halen Eber ve Akşehir gölleri ciddi risk altında bulunmaktadır (Akarçay Havzası Master Plan Çalışması 2013).

Yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı havzada ki su ihtiyacı ve imkânları tespit edilerek, imkânların ihtiyaçları dengeli ve makul bir şekilde karşılanmasını sağlamak amacıyla WEAP programı kullanılarak su bilançosu çıkarılmıştır. Böylelikle havzanın su ihtiyacına yönelik etkin bir su politikası belirlenmeye çalışılmıştır.

## Metodoloji

### Weap modeli

ABD’de bulunan ve SEI “Stockholm Environment Institute” tarafından geliştirilen WEAP “Water Evaluation and Planning System”, çeşitli senaryolara göre su bütçesi

çıkartılma ve havza su kaynaklarına dair verimli bir planlama çalışmalarının yapılabilmesine hizmet etmektedir. Programda model oluşturma çeşitli senaryolara göre sulama, içme suyu, endüstri-sanayi, atık su arıtma, yeniden kullanım, su kirliliği, zirai ve biyolojik talepler, yer altı suyu, rezervuar vs. ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla mevcut kaynakların etkili bir Şekilde planlanmasına imkn sağlamaktadır (SEI, 2007).

### **Weap modelinin uygulanması**

Akarçay havzası master plan çalışmasından alınan hidrolojik veriler kullanılarak havzaya ait mevcut noktasal elemanlar (talep bölgesi, rezervuar, baraj, akarsu vs.) girilmiş ve model oluşturulmuştur (etin 2011). Havza için hali hazırda işletmede olan yapılardan; Akdeğirmen Barajı, Selevir Barajı, Seyitler Barajı, Afyonkarahisar ilinde bulunan atık su arıtma tesisi, Selevir ve Seyitler Barajlarının suladıkları tarım arazileri, Eber ve Akşehir glleri kullanılmıştır.

Bu yapılara ait hidrolojik veriler Devlet Su İşleri'nin (DSİ) 13, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün (MGM) 5 ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin (EİE) 7 adet akım gözlem istasyonlarından temin edilmiştir. Ayrıca havzanın karakteristik özelliklerinin belirlenmesinde (havza alanı, yağış miktarı, kentsel nüfus vs.) DSİ, MGM, TÜİK, Afyonkarahisar Belediyesi ve Akarçay Havzası Master Plan alışması gibi kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektör tarafından yapılan Master Plan çalışmalarının verilerinden yararlanılmıştır.

Öncelikle su bütçesine ilişkin mevcut durum 1960-2010 yılları arası hidrolojik verilerin ortalaması alınarak ortalamaya en yakın hidrolojik değerleri içeren yıl mevcut durum olarak kabul edilmiştir.

Modelde mevcut durum tanıtıldıktan sonra kötümser senaryo için; havzada yer alan su kaynaklarına (baraj, gl ve nehir) ait 1960-2010 yılları arası en düşük akım değerleri, en yüksek

buharlaşma değerleri, en kalabalık nüfus miktarı, TÜİK ten alınan kişi başi yıllık su tüketimi, kentsel nüfusa verilen içme suyu Őebekelerindeki kaybın en yüksek değeri, yer altı akiferine sızan su miktarlarının en fazla olduğu vb. koşullara ait veriler girilmiştir. Girilen bu değerler ile 2011-2050 yılları arası havzanın su bütçesi çıkarılmıştır. Benzer Şekilde iyimser senaryo için de tam tersi koşullar dikkate alınarak veriler girilmiş ve 2011-2050 yılları arası havzanın su bütçesi çıkarılmıştır.

Senaryo oluşturulmasında bir takım kabuller dikkate alınmıştır, Bunlardan bazıları; Afyon Belediyesi ile yapılan görüşmelere istinaden içme suyu Őebeke boru hatlarında normal Őartlarda % 40 civarlarında bir kaybın söz konusu olduğu ifade edilmiştir. Bu değer mevcut senaryoda sisteme girilmiştir. İyimser senaryo tasarlanırken Őebeke boru hattının yenilenmesi dikkate alınarak borularda ki su iletim kaybının gelişmiş ülkelerde kabul edilen % 25 olarak kabul edilmiş, kötümser senaryoda ise kavitasyon ve beton borulardaki tahribatlar dikkate alınarak % 55 olarak kabul edilmiştir. (Pala ve Latifoğlu).

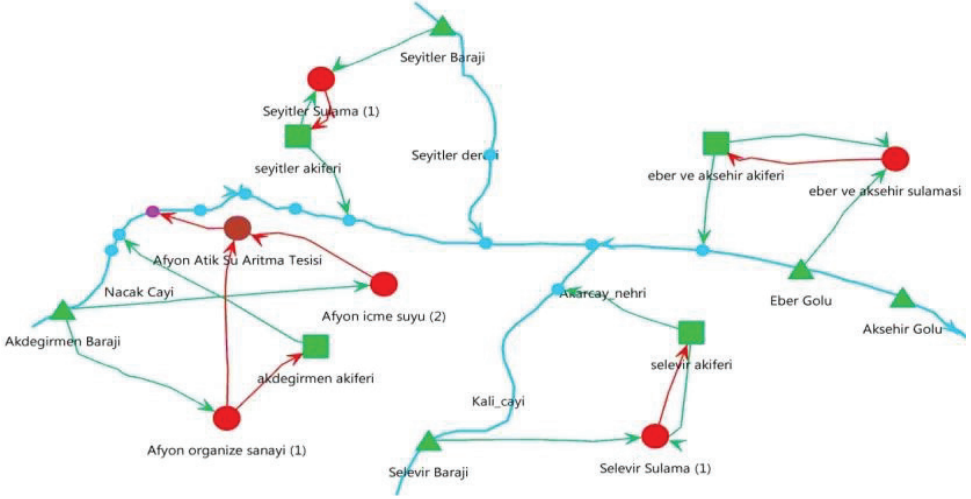
Bunun birlikte küresel ısınmanın her geçen yıl artması nedeniyle buharlaşma verileri iyimser senaryoda azalmayacağı ancak kötümser senaryoda artacağı dşnlmştir. Havzaya ait WEAP modeli Şekil. 2'de gösterilmektedir.

### **Sonuç ve neriler**

Kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektör çalışmalarından elde edilen 1960-2010 yılları arası hidrolojik veriler dikkate alınarak; uzun yıllar ortalamaları mevcut senaryo olarak WEAP programında model oluşturulmuştur. Yine eldeki verilere kullanılarak akım, nüfus, buharlaşma vs. değerlerinden en yüksek ve en düşük rakamları, oluşturulan mevcut senaryoya ilave edilerek 2011-2050 yılları arası iyimser ve kötümser senaryolar oluşturularak havza su bütçesi çıkarılmıştır.

Su bütçesi çıkarılırken: içme suyu, tarımsal sulama ile endüstri ve sanayi sulamaları için

taleplerde kesintiye gidilmemiş, talep edilen su miktarının verilmesi durumunda ki su bütçesi çıkarılmıştır.



Şekil.2 Akarçay havzasına ait weap modelinin şematik gösterimi

- Mevcut Durumda, Akdegirmen barajından  $41.3 \text{ hm}^3$ , Akşehir gölünden  $97.1 \text{ hm}^3$ , Eber gölünden  $136.48 \text{ hm}^3$ , Seyitler barajından  $37.5 \text{ hm}^3$ , Seyitler barajından  $25.8 \text{ hm}^3$  olmak üzere yüzeysel sularda toplam  $338 \text{ hm}^3$ . Yer altı akiferlerinde ise, Eber ve Akşehir akiferinden  $120 \text{ hm}^3$ , Selevir akiferinden  $42 \text{ hm}^3$  ve Seyitler akiferinden  $30 \text{ hm}^3$  ve afyon merkez akiferi  $60 \text{ hm}^3$  olmak üzere yer altı akiferlerinden toplam  $232 \text{ hm}^3$  lük su girişi olmaktadır. Yüzeysel ve yer altı akiferleri toplamı ise  $570 \text{ hm}^3$  olmaktadır. Kötümser senaryo da toplam su girişi  $348 \text{ hm}^3$  e inmekte olup ilerleyen yıllarda azalma devam ederek 2050 yılında havzaya gelen toplam su miktarı  $282 \text{ hm}^3$ 'e kadar düşmektedir. İyimser senaryo da ise toplam su miktarı  $793 \text{ hm}^3$  e çıkabilmektedir.
- Havza içerisindeki baraj ve göllerdeki toplam su rezervuarı mevcut senaryoda  $338 \text{ hm}^3$  olmakta, iyimser senaryoda bu miktar 2050 yılında  $425 \text{ hm}^3$ 'e çıkmakta
- ancak kötümser senaryoda ise bu miktar 2050 yılında  $62 \text{ hm}^3$ 'e kadar düşmektedir.
- Kayıplar, buharlaşmalar ve sızmalar da dikkate alındığında havzanın toplam su ihtiyacı karşılanması için verilmesi gereken su miktarı mevcut senaryoda  $75.9 \text{ hm}^3$  iken bu miktar 2050 yılında iyimser senaryoda  $46.8 \text{ hm}^3$ 'e kötümser senaryoda ise  $124 \text{ hm}^3$ 'e çıkmaktadır.
- İçme suyu, endüstri-sanayi ve sulama için karşılanamayan su miktarları toplamı mevcut senaryoda  $18.5 \text{ hm}^3$  iken iyimser senaryoda bu miktar giderek azalarak 2050 yılında  $12 \text{ hm}^3$ 'e düşmekte ancak kötümser senaryoda ise giderek artarak 2050 yılında  $125 \text{ hm}^3$ 'e çıkmaktadır.
- Su bütçesi hesaplamalarının tüm detayları ifade etmek güç olmakla birlikte genel olarak 4 ana başlıkta toparlanmıştır. Elde edilen sonuçlara

göre havzanın iyimser senaryoda dahi gelecekte (2011-2050) su sıkıntısı çektiği görülmektedir.

indirebilmek için borulu sisteme geçilmelidir.

## Kaynaklar

- Önlem alınmadığı takdirde israf derecesindeki su tüketimi, küresel ısınmayla birlikte giderek artan buharlaşma, sızma ve son teknoloji ile donatılmadığı takdirde sistemsel kayıplar, giderek artan nüfus miktarı gibi su bütçesini ciddi derecede etkileyen unsurlar bir arada düşünüldüğünde karşılanamayan su miktarının ne kadar yüksek derecelere çıkabileceği (2050 yılında 124 hm<sup>3</sup>) ve bu unsurların iyileştirilmesi neticesinde karşılanamayan su miktarının ne kadar azalabileceği (2050 yılında 12 hm<sup>3</sup>) görülmüştür. Ancak havzanın su potansiyeli ihtiyacı karşılayamamaktadır.

Elde edilen sonuçlar ışığında bir takım önlemlerin alınması zaruret arz etmektedir. Bu bağlamda alınması gereken önlemlerden bazıları şunlardır:

- Endüstri-Sanayi ve kentsel kullanımdan dönen suların arıtılarak yeniden kullanıma kazandırılması su sarfiyatını azaltacaktır.
- Baraj ve göllerde bulunan su kanallarının kayıpları en aza indirilmelidir. Bunun için su kanalları Avrupa standartlarına uygun olacak şekilde değiştirilmelidir.
- Özellikle küresel ısınma, buharlaşma ve bilinçsiz tüketim sonucunda su rezervuarları ciddi manada azalmaktadır. Bundan dolayı etkili bir su kullanım bilinci oluşturulmalı ve devlet eliyle su kaynaklarının verimi artırılmalı, kayıpların önüne geçilmelidir.
- Sulama şebekelerinde açık kanallı sistemden kaynaklı kayıpları en aza

- Akarçay Havzası Master Plan Çalışması, Üçer Mühendislik A.Ş (2013)
- ÇETİN, Hasan, (2011) "Porsuk Çayı Havzası Yönetim Stratejilerinin Belirlenmesinde DPSIR Yaklaşımının Kullanılması.
- GRIGG, N.S., (1996) "Water Resources Management Principles, Regulations and Cases", McGraw-Hill, New York.
- GRIGG, N.S., (1999) "Integrated Water Resources Management: Who should Lead, Who should Pay", Journal of the American Water Resources Association, Vol. 35, no. 3, pp 527-534
- HARMANCIOĞLU N.B., GÜL. A., FISTIKOĞLU. O., (2002) "Entegre Su Kaynakları Yönetimi", Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 419
- PALA, B., LATİFOĞLU, A. "İçme Suyu Şebekelerinde Oluşan Su Kayıpları" SEI, Stockholm Environment Institute (2007). WEAP water evaluation and planning system (user guide for WEAP21). Stockholm Environmental Institute, U.S. Center.

## **Weap (water evaluation and planning system) model application to integrated water resources management in akarçay basin**

### **Extended abstract**

*Domestic, irrigational and industrial water supply of rapid increasing population today may only be possible by means of efficient integrated water management.*

*In this context, Akarçay Basin was taken into consideration and Master Plan Study of Akarçay Basin, which is the first detailed basin planning study in Turkey, was completed in 2013.*

*Different scenarios are used to obtain more detailed results in basin planning studies.*

*In this study, “WEAP” (Water Evaluation and Planning System) model is used in order to investigate the water budget and integrated water management of Akarçay Basin.*

*Hydrological data such as precipitation, inflow, evaporation and surveys of population, irrigation areas and industrial water usage between years 1960 and 2011 are utilized for constitution of WEAP model.*

*Annual average of these studies is regarded as current state. Two different water budget scenarios with respect to current state are assumed for future years (2011-2050).*

*Hydrological data with the highest annual inflow measurements are used for the first scenario and water budget is investigated. This scenario is called the best scenario.*

*The second one is the worst scenario with the lowest annual inflow measurements*

**Keywords:** *Integrated water resources management, Watershed management, WEAP model, Akarçay basin*

# mühendislikdergi

