

Uzaktan Algılama ile Bitki Su Tüketiminin Zamansal ve Alansal Değişiminin Belirlenmesi: Menemen Sulama Birlikleri Örneği

Bekir S. KARATAŞ¹ Erhan AKKUZU² Şerafettin ÂŞIK³

Summary

Determination of Temporal and Spatial Variation of Evapotranspiration Using Remote Sensing: Case Study of Menemen Water User Associations

The aim of this research was to estimate monthly crop evapotranspiration (ET_c) and actual evapotranspiration (ET_a) for Menemen Right Bank and Menemen Left Bank Water User Associations (WUA) according to SEBAL method by using NOAA-16/AVHRR images. It was also determined the temporal and spatial variability of ET, and the temporal variability of relative ET (RET) for the 2004 irrigation season.

According to RET values, it was appeared that Menemen Left Bank WUA was less variable than Menemen Right Bank WUA in terms of both the temporal variability of RET, and the spatial and temporal variability of ET_a and ET_c . In addition, it can be seen that irrigation water requirement could not be met for both all the months and 2004 irrigation season in the WUAs.

Key words: water user association, remote sensing, evapotranspiration, SEBAL.

Giriş

Bir sulama sisteminden elde edilen ürünün ve dolayısıyla gelirin artırılması, sulu tarım uygulamaları için en önemli hedeftir. Ürün verimi, bitki su tüketim (evapotranspirasyon) miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Daha fazla su sağlayarak fizyolojik bir sınıra kadar daha fazla verim elde edilebilir (Bastiaanssen ve ark., 1999). Bu bağlamda,

¹ Dr., E.Ü., Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bornova/İZMİR.
bsk1972@hotmail.com

² Dr., E.Ü., Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bornova/İZMİR.

³ Prof. Dr., E.Ü., Ziraat Fak., Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bornova/İZMİR.

gerek bitki su tüketimi (ET_c), gerekse de bitki su tüketiminin ne kadarının karşılandığının bir göstergesi olan gerçek su tüketimi (ET_a)'nin bilinmesi son derece önemlidir.

Evapotranspirasyon (ET), ya doğrudan ölçülmekte ya da bitki ve iklim verilerinden yararlanarak belirlenmektedir (Kanber, 1997). Doğrudan ölçme yöntemleri sağlıklı sonuç vermesine karşın hem oldukça pahalı, hem de zaman alıcıdır. Bu nedenle, ET yaygın olarak iklim verilerine dayalı tahmin eşitlikleri kullanılarak belirlenmektedir (Güngör ve ark., 1996).

Gerek doğrudan ölçme yöntemleri ile gerekse de iklim verilerinden yararlanarak ET'nin ölçümü, proje veya havza bazında zordur. Özellikle büyük alanlarda, ayrıntıların eksikliği nedeniyle geleneksel yöntemlerle ET'nin alansal dağılımı konusunda elde edilen bilgiler sınırlıdır. Bu yöntemlerle veriler, aşamalı bir şekilde elde edilmekte ve küçük bir alanı temsil edebilen bir çalışma sonucunda elde edilen veriler, büyük alanların tamamı için de doğru kabul edilmektedir. Bu yüzden geleneksel yöntemlerle büyük bir sulama sisteminin tamamının objektif analizini başarmak zordur. Oysa uzaktan algılama (UA) teknikleri, büyük alanlar için bile yüksek alansal çözünürlükte ve objektif bilgiler sağlama avantajına sahiptir (Bastiaanssen ve ark., 1999).

Arazi için Yüzey Enerji Dengesi Algoritması (SEBAL, Surface Energy Balance Algorithm for Land), ET'nin UA tekniğiyle elde edilmesinde kullanılan en yeni modellerden biridir. Geleneksel yöntemlerde karşılaşılan ayrıntılı meteorolojik ölçüm, bitki ile ilgili bilgi elde etme ve küçük alanlarda uygulanma zorunluluğu, söz konusu modellerle ortadan kalkmaktadır. Modelin çözümü için gerekli olan hemisferik yüzey albedosu, yüzey sıcaklığı ve vejetasyon indeksi verileri UA tekniğiyle elde edilmektedir (Bastiaanssen ve ark., 1998). Bu uygulamayla ET_a , 1 ha'lık alan için %10-20, 1000 ha'lık bir alan için %5 ve 1 milyon ha'lık bir arazi için ise ihmal edilebilir düzeyde bir hata ile belirlenebilmektedir (Bastiaanssen ve ark., 2000).

Uzaktan algılamaya dayalı SEBAL yöntemi; kültür bitkileri, çayır, orman, doğal vejetasyon, toprak yüzeyi, çöl, açık su yüzeyleri ve yüzey örtüsü homojen olmayan alanlar için uygulanabilir. Ayrıca bu yöntemle, toprak-su-vejetasyon sistemi yüzeyinden buharlaşan su miktarı, diğer karmaşık hidrolojik işlemlere gerek duyulmaksızın doğrudan elde edilebilir (Bastiaanssen, 2000).

Bu çalışmada, Menemen Sağ ve Sol Sahil SB hizmet alanları ve 2004 yılı sulama sezonu için ET_a ve ET_c , NOAA uydu görüntüleri

kullanılarak, SEBAL yöntemi yardımıyla hesaplanmıştır. Ayrıca, ET'nin aylar arasındaki zamansal ve aynı SB alanı içerisindeki alansal değişimi belirlenerek, iki SB birbiriyle karşılaştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

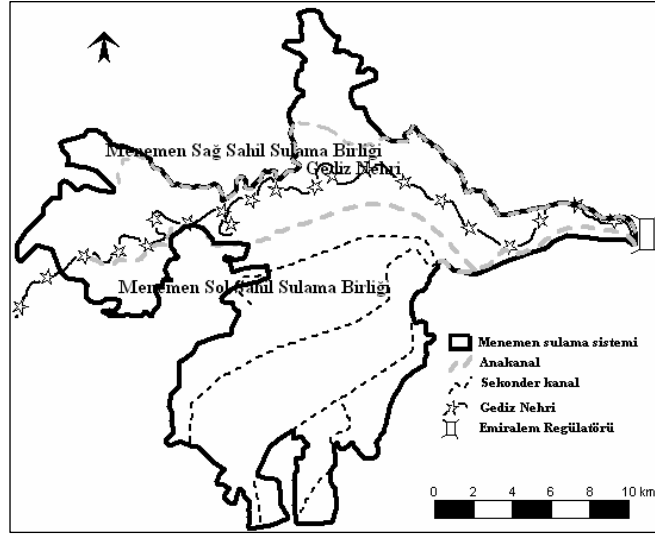
Çalışma alanı olarak, Menemen Ovası'ndaki Menemen Sağ Sahil ve Menemen Sol Sahil Sulama Birlik (SB)'leri seçilmiştir. Bu SB'lere ilişkin bazı özellikler Çizelge 1'de, bitki deseni ve ekiliş alanları Çizelge 2'de verilmiştir. Ekiliş alanları aynı zamanda SB'lerin sulanan alanlarıdır. Menemen Sulama Sisteminin genel durumu ise Şekil 1'de gösterilmiştir. Menemen Sulama Sisteminde iki SB'nin ayırım sınırı olarak Gediz Nehri dikkate alınmıştır.

Çizelge 1. Menemen Sağ Sahil ve Menemen Sol Sahil Sulama Birliklerinin bazı özellikleri (DSİ, 2005)

Sulama Birliği	Sistemin kuruluş yılı	Birliğe devrediliş yılı	Brüt alan (ha)	Yetiştirilen başlıca bitki	Su kaynağı
Menemen Sağ Sahil SB	1974	1995	6 365	Pamuk	Demirköprü Barajı ve Gölarmara
Menemen Sol Sahil SB	1944	1995	16 500	Pamuk	Demirköprü Barajı ve Gölarmara

Çizelge 2. 2004 yılı sulama sezonu için Menemen Sağ Sahil ve Menemen Sol Sahil SB bitki deseni ve ekiliş alanları (DSİ, 2004)

Bitki	Menemen Sağ Sahil SB		Menemen Sol Sahil SB	
	Ekiliş alanı		Ekiliş alanı	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Pamuk	2549	43.1	8280	57.4
Bağ	496	8.4	831	5.8
Mısır	663	11.2	1420	9.8
Sebze	542	9.2	436	3.0
Bostan	29	0.5	143	1.0
Meyve	345	5.8	524	3.6
Hayvan yemi	83	1.4	141	1.0
Hububat	1208	20.4	2663	18.4
Toplam (ha)	5915	100	14438	100



Şekil 1. Menemen Sulama Sisteminin genel görünümü.

Bu çalışmada, ET'nin belirlenmesi için sulama sezonu içerisindeki (Mayıs-Eylül ayları) bulutsuz günler olan 12 Mayıs, 15 Haziran, 3, 12 ve 28 Temmuz, 14 ve 25 Ağustos ile 2 ve 20 Eylül 2004 tarihlerinde ve yerel saate göre yaklaşık 16:00'da çekilen, çalışma alanına ait 9 adet işlenmemiş NOAA-16/AVHRR uydusuna ait görüntüler materyal olarak kullanılmıştır.

Yöntem

Bu çalışmada; günlük ET_a ve ET_c haritaları, NOAA-16 uydusuna ait görüntülerin bilgisayar ortamında işlenmesiyle elde edilmiştir. Bu görüntüler, güneş ve uydunun azimut ve zenit açı haritalarının elde edildiği, ayrıca rektifikasyon, atmosferik kalibrasyon ve düzeltme işlemlerinin yapıldığı bir ön işlemden geçirilmiştir. Daha sonra bu görüntüler ve açı haritaları, AHAS bilgisayar yazılımı yardımıyla SEBAL algoritmasına (Bastiaanssen ve ark., 1998; Bastiaanssen, 2000) uygun olarak, ET_a ve ET_c 'ye ilişkin sonuç haritalarının elde edilmesi için 25 aşamalı bir işleme tabi tutulmuştur.

Bir uydu görüntüsünden, bir sonraki görüntünün alındığı tarihe kadar olan periyot için ET_a miktarını hesaplamak amacıyla, önce günlük referans ET (ET_o), Penman Monteith (Allen ve ark., 1998) yöntemiyle hesaplanmıştır. Sonra, araştırma alanına ait görüntüdeki piksellerin ortalama günlük ET_a değeri, günlük ET_o 'ye bölünmüş ($R_o=ET_a/ET_o$) ve bu oranın görüntünün alındığı dönem için sabit

olduğu kabul edilmiştir (Bastiaanssen ve ark., 1999). Daha sonra bu oran, görüntünün ait olduğu dönemin toplam ET_o değeriyle çarpılarak, o döneme ilişkin toplam ET_a elde edilmiştir.

Günlük ET_c , uydu görüntülerinden elde edilen günlük net radyasyon değerlerinin kullanıldığı Priestley-Taylor (1972) eşitliğine göre hesaplanmıştır. Bir uydu görüntüsünden, bir sonraki görüntünün alınacağı tarihe kadar olan periyot için ET_c miktarını hesaplamak amacıyla, araştırma alanına ait piksellerin ortalama günlük ET_a değeri, ortalama günlük ET_c 'ye bölünmüş ($R_c=ET_a/ET_c$) ve bu oranın görüntünün alındığı dönem için sabit olduğu kabul edilmiştir (Schipper, 2005). Daha sonra bu oran, UA ile belirlenen ve görüntünün ait olduğu dönemin toplam ET_a değerine bölünerek, o periyot için toplam ET_c elde edilmiştir.

Her periyot için bu şekilde elde edilen değerler, aylık olarak toplanmış ve aylık toplam ET_a ve ET_c değerleri elde edilmiştir. Daha sonra ET_a 'nın ET_c 'ye oranı olan oransal ET (RET) değerleri her ay için hesaplanmış ve bu RET değerlerinin varyasyon katsayısı (CV) ile ortalama değerleri bulunmuştur. Böylece, bitki su tüketiminin ne kadarının karşılandığı aylara göre belirlenerek, RET değerlerinin CV'sine göre zamansal değişimi irdelenebilmiştir.

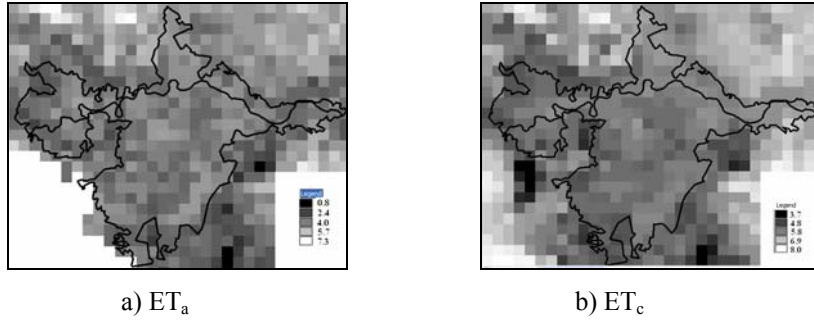
Ayrıca, her iki SB için, gerek ET_a ve gerekse de ET_c 'nin alansal değişiminin belirlenebilmesi için her bir görüntüde yer alan piksellerin CV'si belirlenmiştir. Böylece, ET'nin aynı SB ve aynı dönem için alansal değişimi de irdelenebilmiştir.

ET_o 'nin hesaplanması için gerekli olan günlük ortalama rüzgâr hızı, güneşlenme süresi, oransal nem, minimum ve maksimum sıcaklık gibi veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2004)'nden alınmıştır. Menemen Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsündeki meteoroloji istasyonunun 2001 yılından beri faaliyette olmaması nedeniyle, tüm bu verilerin alınabildiği ve aynı havza içerisinde yer alan istasyonlardan biri olan Salihli Meteoroloji İstasyonunun verileri kullanılmıştır. Bu verilerin yanında ET_a ve ET_c 'nin SEBAL algoritmasıyla hesaplanması için gerekli olan anlık sıcaklık, anlık oransal nem, anlık rüzgâr hızı, anlık ve günlük ortalama hava basıncı vb. gibi iklim verileri ise Salihli, Güzelyalı ve Dikili Meteoroloji İstasyonlarından alınmıştır. Tüm bu istasyonlara ait veriler, ILWIS bilgisayar yazılımı yardımıyla, çalışma alanı için enterpolasyona tabi tutulmuştur. Bu istasyonlar, hem gerekli tüm verilerin elde edilebildiği istasyonlar olmaları, hem de çalışma alanını kapsamaları nedeniyle seçilmiştir.

Kaynaktan saptırılan ve DSİ (2004) tarafından hacim olarak (m^3) kaydedilen su miktarları (V_c), sulanan alan değerlerinden (Çizelge 2) yararlanılarak mm cinsinden derinlik değerlerine dönüştürülmüştür.

Araştırma Bulguları

Bu çalışma sonucunda; NOAA-16/AVHRR uydusundan alınan her bir görüntüden, SEBAL algoritmasıyla günlük ET_a ve ET_c haritaları elde edilmiştir. Bir örnek olmak üzere; çalışma alanına ait 3 Temmuz 2004 tarihli günlük ET_a ve ET_c haritaları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Menemen Sulama Sistemine ilişkin 3 Temmuz 2004 tarihli ET_a ve ET_c haritaları.

Bu çalışmada, Yöntem bölümünde açıklandığı şekilde elde edilen; 2004 yılı sulama sezonu aylık ET_a , ET_c , RET ve kaynaktan saptırılan sulama suyu miktarı (V_c) ile RET değerlerinin ortalaması ve CV’si Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3. Menemen Sağ Sahil ve Menemen Sol Sahil Sulama Birliklerine ilişkin ET_a , ET_c , RET ve V_c değerleri

Aylar	Menemen Sağ Sahil SB				Menemen Sol Sahil SB			
	ET_a (mm/ay)	ET_c (mm/ay)	RET	V_c (mm/ay)	ET_a (mm/ay)	ET_c (mm/ay)	RET	V_c (mm/ay)
Mayıs	70	123	0.57	0	64	114	0.56	0
Haziran	108	150	0.72	97	103	142	0.72	116
Temmuz	107	177	0.61	234	112	172	0.65	284
Ağustos	122	144	0.84	243	126	140	0.90	271
Eylül	95	119	0.80	70	98	119	0.82	68
Toplam (mm)	502	713		644	503	688		739
Ortalama			0.71				0.73	
Zamansal CV (%)			16.7				18.3	

Ayrıca, her iki SB için, ET_a ve ET_c ’nin alansal değişiminin belirlenebilmesi için her bir görüntüdeki piksel değerlerinin CV’si belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4’te gösterilmiştir.

Çizelge 4. Menemen Sağ Sahil ve Menemen Sol Sahil Sulama Birliklerine ilişkin ET_a ve ET_c değerlerinin alansal CV değerleri (%)

Aylar	Menemen Sağ Sahil SB		Menemen Sol Sahil SB	
	ET_a	ET_c	ET_a	ET_c
Mayıs	16	5	26	10
Haziran	15	6	13	7
Temmuz	26	9	22	7
Ağustos	13	8	16	9
Eylül	13	5	13	14
Ortalama CV (%)	18	7	19	8

Sonuçlar ve Tartışma

Çizelge 3 incelendiğinde; ET_a değerlerinin, Menemen Sağ Sahil SB’de Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek (sırasıyla 108, 107 ve 122 mm), Mayıs ve Eylül aylarında ise en düşük (sırasıyla 70 ve 95 mm); Menemen Sol Sahil SB’de ise Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek (sırasıyla 112 ve 126 mm), Mayıs ve Eylül aylarında en düşük (sırasıyla 64 ve 98 mm) olduğu görülmektedir.

ET_a açısından, Menemen Sağ ve Sol Sahil SB karşılaştırıldığında; aylık gerçek su tüketimleri çok az da olsa farklı olmasına rağmen, mevsimlik gerçek su tüketimleri her iki SB’de de neredeyse aynı olmuştur (sırasıyla 502 ve 503 mm).

ET_c açısından, Menemen Sağ Sahil SB’de Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek (sırasıyla 150, 177 ve 144 mm), Mayıs ve Eylül aylarında ise en düşük (sırasıyla 123 ve 119 mm); Menemen Sol Sahil SB’de benzer şekilde Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek (sırasıyla 142, 172 ve 140 mm), Mayıs ve Eylül aylarında ise en düşük (sırasıyla 114 ve 119 mm) olduğu görülmektedir (Çizelge 3).

ET_c parametresi açısından iki SB karşılaştırıldığında; aylık bitki su tüketimleri arasında çok fazla fark olmamasına rağmen, Menemen Sağ Sahil SB’nin hem aylık hem de mevsimlik bitki su tüketimlerinin Menemen Sol Sahil SB’den daha fazla olduğu görülmektedir (sırasıyla 713 ve 688 mm) (Çizelge 3).

Kaynaktan saptırılan su miktarları (V_c) açısından Menemen Sağ Sahil ve Sol Sahil SB’leri karşılaştırıldığında; her iki SB’ye de Mayıs ayında su saptırılmadığı, en fazla suyun Temmuz (sırasıyla 234 ve 284 mm) ve Ağustos (sırasıyla 243 ve 271 mm) ayında saptırıldığı, en düşük sulama suyunun ise Haziran (sırasıyla 97 ve 116 mm) ve Eylül (sırasıyla 70 ve 68 mm) ayında saptırıldığı görülmektedir. Her iki SB, mevsimlik saptırılan su miktarları açısından değerlendirildiğinde

ise, Menemen Sol Sahil SB'ye (739 mm) Menemen Sağ Sahil SB'den (644 mm) daha fazla su saptırıldığı görülmektedir.

Kaynaktan en fazla suyun, pamuk bitkisinin su tüketiminin en yüksek olduğu, Temmuz ve Ağustos aylarında saptırıldığı görülmektedir (Çizelge 3). Her iki SB için de, bu iki aydaki V_c ile ET_a değerleri arasındaki fark, çok yüksek olarak gerçekleşmiştir. Bu aylarda, kaynaktan saptırılan suyun önemli bir kısmının bitki tarafından tüketilemediği ortaya çıkmaktadır. Bunda, yörede gece sulamalarına olan eğilimin düşük olması nedeniyle, tahliyeye akan suyun iletim kayıplarını artırması etkili olabilir. Bu sonucu, Ünal ve ark. (2004)'nın Menemen Sol Sahil SB için yaptıkları bir çalışma da desteklemektedir. Bu çalışmada, çiftçilerin %11'inin sadece gece, %22'sinin ise sadece gündüz sulama yaptığı belirtilmiştir. Ayrıca bunda, suyun diğer aylara göre daha bol olduğu bu aylarda, çiftçinin su uygulamada daha özensiz davranmış olması, dolayısıyla su uygulama kayıplarının artması da etkili olabilir. Her iki SB'de de birim alan ve bitki çeşidine dayalı bir ücretlendirme yapılmaktadır. Bu uygulamanın suyun israf edilmesinde ve sulama randımanının düşmesinde etkili olduğu söylenebilir. Şener (1974)'in ovada yaptığı bir çalışmada da belirttiği üzere; özellikle gece sulamalarının belli bir rotasyonla yapılması, sulama suyunun ölçülerek ücretlendirilmesi ve dereceli olarak artan ücret sistemine geçilmesi sağlanmalıdır. En azından sulama sayısına göre ücretlendirmenin yapılması en kısa sürede pratiğe dönüştürülecek uygulamalar olarak gözükmektedir. Sulama randımanının düşük olmasında diğer bir faktörde modern sulama teknolojilerinin (damla sulama vb) kullanılmamasıdır.

V_c parametresinin hesaplanmasında, sistemin su kaynağı olarak Baraj ve/veya Gölarmara'dan Gediz Nehri yatağına bırakılan ve Emiralem Regülatörü tarafından sisteme kontrollü olarak saptırılan sulama suyu dikkate alınmıştır. Ancak, sistemde bu su kaynağının dışında, özellikle baraj kapaklarının kapalı olduğu Mayıs ve Eylül aylarında Gediz Nehri yatağında bulunan su, kontrolsüz biçimde sisteme verilmekte (sisteme saptırılan suyun miktarı SB'ler tarafından kontrol edilmemekte) (Unal ve ark., 2004), ayrıca yer altı suyundan ne zaman ve ne miktarda yararlanıldığına ilişkin herhangi bir kayıt bulunmamaktadır.

ET_a , ET_c ve V_c açısından her iki SB aynı anda değerlendirildiğinde; Menemen Sol Sahil SB için kaynaktan saptırılan su miktarı (739 mm), Menemen Sağ Sahil SB'den (644 mm) daha yüksek olmuştur. Ayrıca, Menemen Sol Sahil SB'nin mevsimlik bitki

su tüketimi (688 mm), Menemen Sağ Sahil SB'den (713 mm) daha düşük olarak belirlenmiştir. Tüm bunlara rağmen, her iki SB, gerçek su tüketimleri açısından neredeyse aynı değerlere sahip olmuştur (Çizelge 3). Bu durum, ya Menemen Sağ Sahil SB'nin sulama randımanının daha yüksek olması veya Menemen Sol Sahil SB'ye göre kanaldan alınan suyun dışında yer altı suyu gibi başka kaynakların daha fazla kullanılmış olması olasılığıyla açıklanabilir. Aslında her iki SB için de genel sulama planlarının hazırlanmasında DSİ (1977)'nin dikkate aldığı tarla su uygulama randımanı (0.60) ve iletim randımanı (0.85) değerlerinin geçerli olduğu düşünüldüğünde, bunun sulama randımanından çok, yer altı suyundan yararlanma dereceleri arasındaki farktan kaynaklanabileceği daha büyük bir olasılık olarak gözükmektedir.

İki SB, RET değerleri açısından karşılaştırıldığında; aylar arasında çok az farklılık olduğu görülmektedir (Çizelge 3). Mevsimlik ortalama RET değerleri açısından; Menemen Sol Sahil SB'nin (0.73) Menemen Sağ Sahil SB'ye (0.71) göre çok az da olsa daha avantajlı olduğu görülmektedir. $RET \geq 0.75$ değeri, zamansal olarak sabit olmamakla birlikte, gelişme aşaması için sulu tarım alanlarında 'çok iyi' olarak kabul edilmektedir (Roerink ve ark., 1997). Çalışma alanındaki her iki SB için de, yalnızca Ağustos ve Eylül aylarında $RET > 0.75$ olduğundan, bu değer 'çok iyi' çıkmıştır. Aynı zamanda ihtiyacın karşılanma oranının da bir göstergesi olan RET değerinin, ideal durumda 1 olması istenir. Bu yüzden RET değeri, bir sulama alanı için 1'e ne kadar yaklaşmışsa, o kadar başarılı olarak değerlendirilmektedir. Buna göre, Menemen Sol Sahil SB, Menemen Sağ Sahil SB'ye göre çok az da olsa daha başarılıdır. Bu durum, muhtemelen bitki desenleri arasındaki farktan dolayı Menemen Sol Sahil SB'nin mevsimlik bitki su tüketiminin daha düşük olmasıyla açıklanabilir (Çizelge 2).

RET değerinin aylara göre değişimini belirlemek amacıyla hesaplanan zamansal CV değerleri açısından iki SB karşılaştırıldığında; Menemen Sağ Sahil SB'nin CV değeri (%16.7) Menemen Sol Sahil SB'ninkine göre (%18.3) daha kararlı görünmektedir. Fakat ortalama RET değerleriyle CV değerleri birlikte dikkate alındığında; Menemen Sağ Sahil SB'nin daha kararlı bir ihtiyacı karşılama sürecine sahip olmasına rağmen, bu kararlılığını, Menemen Sol Sahil SB'ye göre daha düşük bir ortalama RET değerine sahip olduğundan, başarıya dönüştürememiştir. Bir diğer deyişle, Menemen Sol Sahil SB, ihtiyacın karşılanması açısından, zamansal olarak daha kararsız bir sulama

sezonu geçirmesine rağmen Menemen Sağ Sahil SB'ne göre daha başarılıdır.

2004 yılı sulama sezonuna ait Menemen Ovası geneli için yapılan bir çalışmada (Ünal ve ark., 2005); RET göstergesinin ortalama değeri 0.76; aylar arasındaki değişkenlik (CV) %19 olarak bulunmuştur. Bu değerlerin, bu çalışmada her iki SB için ayrı ayrı bulunan değerlere oldukça yakın olduğu görülmektedir.

Brezilya'nın Nilo Coelho sulama sisteminde, UA tekniği kullanılarak yapılan bir çalışmada (Bastiaanssen ve ark., 2001), bulunan ortalama RET değeri (0.77) ile Menemen Sağ Sahil ve Menemen Sol Sahil SB'leri için bulunan ortalama RET değerlerinin (sırasıyla 0.71 ve 0.73) (Çizelge 3), birbirine çok yakın olduğu anlaşılmaktadır. Her ne kadar Nilo Coelho sulama sistemi ile Menemen Sağ ve Sol Sahil SB'leri farklı iklim koşullarında yer alsalar da; RET değeri, ihtiyacın karşılanma oranını gösterdiğinden bu karşılaştırma anlamlıdır.

Alansal değişimin belirlenebilmesi için Çizelge 4'e bakıldığında; hem ET_a ve hem de ET_c 'nin mevsimlik ortalamaları açısından Menemen Sağ Sahil SB'nin çok az farkla da olsa daha uniform olduğu görülmektedir. Her iki SB için de ET_c 'nin ET_a 'ya göre çok daha uniform olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, iklim faktörlerinin yanı sıra, suyun anlık mevcudiyeti ve toprağın işlenme durumu gibi toprak faktörleri ile bitki türü ve vejetatif gelişim dönemi gibi bitki faktörlerine göre (Güngör ve ark., 1996), ET_a değerlerinin SB hizmet alanı içerisinde değişebilmesi olarak açıklanabilir. Yani, uydu görüntüsünün çekildiği anda bu faktörler farklı olduğu ölçüde, aynı SB ve hatta aynı bitki için bile ET_a değerleri alansal olarak değişken olabilir. Oysa ET_c , suyun mevcudiyetinden bağımsız olarak aynı iklim koşullarında yalnızca bitki türüne bağlıdır. ET_c 'nin alansal değişiminin çok daha az olmasında, bitki türünün her iki SB için yoğun olarak pamuk olması; dolayısıyla bitki su tüketiminin de aynı olmasının etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bunda, diğer kültür bitkilerinin de muhtemelen pamuk bitkisine yakın bir bitki su tüketimine sahip olması etkili diğer bir faktör olabilir.

Her iki SB için genel bir değerlendirme yaptığımızda; Menemen Sol Sahil SB'nin hem RET değerinin zamansal değişiminin, hem de ET_a ve ET_c 'nin alansal değişimlerinin Menemen Sağ Sahil SB'den farklı olmadığı söylenebilir (Çizelge 3). Ayrıca RET değerlerine göre her iki SB için de ihtiyaç duyulan suyun gerek tüm

aylar için gerekse de mevsimlik olarak temin edilemediği görülmektedir.

UA'ya dayalı ET hesaplaması ile bitki stres göstergeleri elde edilerek, sezon içinde dinamik bir planlama yapmak olasıdır. Bu yöntemle elde edilen sonuçlar, su dengesi, su bütçesi, performans değerlendirmesi ve su kullanıcı sektörlerden hangisinin ne miktarda su kullandığının belirlenmesi gibi çalışmalarda da kullanılabilir. Ayrıca, bu çalışmada da gösterildiği gibi, su kullanımının alansal ve zamansal değişiminin izlenmesiyle, su kaynaklarının sürdürülebilirliği konusunda da kullanılabilir.

Sonuç olarak, bu çalışmada; Menemen Sağ Sahil ve Menemen Sol Sahil SB'leri gibi büyük alanlar için bile, SEBAL yöntemine dayalı UA tekniği kullanılarak, ET_a ve ET_c 'nin zamansal ve alansal değişimi hakkında objektif, hızlı ve ekonomik olarak bilgi elde etmenin mümkün olduğu gösterilmiştir.

Özet

Bu çalışmada, Menemen Sağ Sahil ve Menemen Sol Sahil Sulama Birlikleri (SB)'nin, 2004 yılı sulama sezonu için, aylık bitki su tüketimi (ET_c) ve gerçek su tüketimi (ET_a) değerleri, NOAA-16/AVHRR uydu görüntüleri kullanılarak, SEBAL yöntemi yardımıyla hesaplanmıştır. Ayrıca, ET'nin zamansal ve alansal değişimi ile oransal ET (RET)'nin zamansal değişimi belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda; Menemen Sol Sahil SB'nin Menemen Sağ Sahil SB'ye göre hem RET değerinin zamansal değişimi, hem de ET_a ve ET_c 'nin zamansal ve alansal değişimleri açısından çok az da olsa daha değişken olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca RET değerlerine göre; her iki SB için de ihtiyaç duyulan suyun gerek tüm aylar için gerekse de mevsimlik olarak temin edilemediği görülmüştür.

Anahtar sözcükler: sulama birliği, uzaktan algılama, evapotranspirasyon, SEBAL.

Kaynaklar

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith, 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 300 pp.
- Bastiaanssen, W.G.M., M. Menenti, R.A. Feddesand and A.A.M. Holtslag, 1998. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL), part 1: formulation, Journal of Hydrology, 198-213.
- Bastiaanssen, W.G.M., S. Thiruvengadachari, R. Sakthivadivel and D.J. Molden, 1999. Satellite remote sensing for estimating productivities of land and water. Int. Journal of Water Resources Development 15(1/2):181-196.
- Bastiaanssen, W.G.M., 2000. SEBAL-Based sensible and latent heat fluxes in irrigated Gediz Basin, Turkey. J.of Hydrology 229: 87-100.

- Bastiaanssen, W.G.M; D.J. Molden and I.W. Makin, 2000. Remote sensing for irrigated agriculture: Examples from research and possible applications. *Agricultural Water Management* 46: 137-155.
- Bastiaanssen, W.G.M., R.A.L. Brito, M.G. Bos, R.A. Souza, E.B. Cavalcanti and M.M. Bakker, 2001. Low cost satellite data for monthly irrigation performance monitoring: benchmarks from Nilo Coelho, Brazil. *Irrigation and Drainage Systems*, 15: 53-79.
- DSİ, 1977. Planlı Su Dağıtım Rehberi, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara, 41s.
- DSİ, 2004. Devlet Su İşleri II. Bölge Müdürlüğü Kayıtları.
- DSİ, 2005. Devlet Su İşleri II. Bölge Müdürlüğü Kayıtları.
- Güngör, Y., A.Z. Erözel ve O. Yıldırım, 1996. Sulama, Ankara Üniv. Ziraat Fak Yayınları No: 1443, Ankara, 295s.
- Kanber, R., 1997. Sulama, Çukurova Üniv. Ziraat Fak Yayınları No: 174, Adana, 530s..
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2004. Salihli Meteoroloji İstasyonu İklim Kayıtları.
- Priestley, C.H.B. and R.J. Taylor, 1972. "On the assessment of surface heat flux and evaporation using large scale parameters." *Mon. Wea. Rev.*, 100, 81-92.
- Roerink, G.J., W.G.M. Bastiaanssen, J. Chambouleyron and M. Menenti, 1997. Relating crop water consumption to irrigation water supply by remote sensing, *Water Resources Management*, 11(6):445-465.
- Schipper, P., 2005. Water resources of Rio Dulce in Santiago del Estero, Determination of the actual evapotranspiration on a regional scale for a closed watershed in Argentina, Research Report, 107 p., Delft-Argentina.
- Şener, S., 1974. Menemen Ovası Sulama Problemleri. Menemen Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü, Yayın No:41/5, Menemen-İZMİR.
- Unal, H.B., S. Asik, M. Avci, S. Yasar and E. Akkuzu, 2004. Performance of water delivery system at tertiary canal level: a case study of the Menemen Left Bank Irrigation System, Gediz Basin, Turkey. *Agricultural Water Management*, 65 (2004):155-171.
- Ünal, H.B., Ş. Aşık, M. Avci, Ü. Altınbaş, Y. Kurucu, B.S. Karataş, E. Akkuzu, ve M.T. Esetlili, 2006. Ana Kanallar Düzeyinde Menemen Ovası Sulama Performansının Uzaktan Algılama Tekniği (NOAA-AVHRR Uydu Görüntüleri) Kullanılarak Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, (Proje No:2002-ZRF-044), 55 s.