

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

**UZAKTAN ALGILAMA TEKNİĞİ KULLANILARAK
KAVAKDERE VADİSİ TARIM ALANLARINDA
SEBAL MODELİ İLE TAHMİNLENEN BİTKİ SU
TÜKETİMLERİNİN HARİTALANMASI**

Tuğba YILDIRIM

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Şerafettin ÂŞIK

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 02.02.2018

Bornova-İZMİR

2018

Tuğba YILDIRIM tarafından Doktora tezi olarak sunulan “Uzaktan Algılama Tekniği Kullanılarak Kavakdere Vadisi Tarım Alanlarında SEBAL Modeli ile Tahminlenen Bitki Su Tüketimlerinin Haritalanması” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 02/02/2018 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Şerafettin ÂŞIK

Raportör Üye : Doç. Dr. Yasemin S. K. Kurttaş

Üye : Prof. Dr. Yusuf KURUCU

Üye : Doç. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL

Üye : Doç. Dr. Gökhan ÇAMOĞLU

İmza



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “Uzaktan Algılama Tekniği Kullanılarak Kavakdere Vadisi Tarım Alanlarında SEBAL Modeli ile Tahminlenen Bitki Su Tüketimlerinin Haritalanması” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

02/02/2018



Tuğba YILDIRIM



ÖZET**UZAKTAN ALGILAMA TEKNİĞİ KULLANILARAK
KAVAKDERE VADİSİ TARIM ALANLARINDA SEBAL MODELİ
İLE TAHMİNLENEN BİTKİ SU TÜKETİMLERİNİN
HARİTALANMASI**

YILDIRIM, Tuğba

Doktora Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Şerafettin ÂŞIK

Şubat 2018, 122 sayfa

Bu çalışma, günlük ve aylık tahmin edilen gerçekleşen bitki su tüketimleri (ET_a) ile potansiyel bitki su tüketimleri (ET_c) arasındaki ilişkileri ürün bazında ortaya koyup bu ilişkileri değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada, 2013 ve 2014 yılları Mayıs-Ekim dönemine ait ET_a değerleri, Landsat 8 OLI-TIRS uydu verileri kullanılarak SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm) modeli ile tahmin edilmiş; ET_c değerleri ise Seferihisar meteoroloji istasyonunda elde edilen iklim verileri kullanılarak FAO-PM yöntemi ile hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, Günlük ET_a ile ET_c değerleri arasındaki ilişkinin r değerleri 2013 yılında narenciye için 0.84, bağ için 0.86, zeytin için 0.85 olurken, 2014 yılında bu değerler sırasıyla 0.87, 0.89 ve 0.93 olmuştur. ET_a 'nın ET_c 'ye oranı olan RET değerleri, 2013 yılı için 0.53-0.95 arasında olurken 2014 yılında 0.45-0.87 arasında olmuştur. Aylık maksimum ET_a ve ET_c değerleri, 2013 yılında sırasıyla 105 mm (narenciye) ve 192 mm (bağ); 2014 yılında ise sırasıyla 115 mm (narenciye) ve 168 mm (bağ) olmuştur. Her iki yılda da en yüksek değerler Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma ile Seferihisar-Kavakdere Vadisi bitki deseninin hemen hemen tamamını oluşturan narenciye, bağ ve zeytinin bitki su tüketimleri uzaktan algılama verilerine dayalı SEBAL modeliyle belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Bitki su tüketimi, SEBAL, Seferihisar, uzaktan algılama.



ABSTRACT**MAPPING OF ESTIMATED EVAPOTRANSPIRATION USING
REMOTE SENSING TECHNIQUE WITH SEBAL MODEL IN
AGRICULTURAL AREAS OF DETERMINATION OF
KAVAKDERE VALLEY**

YILDIRIM, Tuğba

PhD in Department of Farm Structures and Irrigation.

Supervisor: Prof. Dr. Şerafettin ÂŞIK

February 2018, 122 pages

This study was conducted to evaluate the relationship between daily and monthly estimated actual evapotranspiration (ET_a) and potential evapotranspiration (ET_c) for each crop and to evaluate these relationships. In the study, ET_a for the period of May-October 2013 and 2014 was estimated with Landsat 8 OLI-TIRS satellite data using the SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm) model; ET_c was calculated using the FAO-PM method using climate data obtained at Seferihisar meteorological station. In the results of the study, the R^2 values for the relationship between daily ET_a and ET_c were 0.84 for citrus, 0.86 for grape and 0.85 for olives in 2013, while these values were 0.87, 0.89 and 0.93 respectively in 2014. The RET, which is the ratio of ET_a to ET_c , is between 0.45-0.87 in 2014, while it is between 0.53-0.95 for 2013. The maximum monthly ET_a and ET_c values are 105 mm (citrus) and 192 mm (grape) in 2013; in 2014, it was 115 mm (citrus) and 168 mm (grape). The highest values in both years were seen in July. As a result, the SEBAL model based on the remote sensing data, determined evapotranspiration of citrus, grape and olives, which constitute almost the whole crop pattern of the Seferihisar-Kavakdere Valley.

Keywords: Evapotranspiration, remote sensing, SEBAL, Seferihisar.



TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının gerekleőtirilmesindeki değerli katkılarından dolayı danıőmanım sayın Prof. Dr. Őerfettin AŞIK'a, alıőmam boyunca yardımlarını bir an olsun benden esirgemeyen sayın Prof. Dr. Yusuf KURUCU ile sayın Doç. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL'a ve doktora çalıőmama desteklerinden dolayı TUBİTAK'a teőekkürü bir borç bilirim.

Çalıőmalarım süresince beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan anneme, babama ve kardeőime sonsuz teşekkür ederim.

Tuğba YILDIRIM



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxiii
1.GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2.1 Uzaktan Algılama ve Bitki Su Tüketimi Arasındaki İlişki	5
2.2 Bitki Su Tüketimi ve Yüzey Enerji Dengesi	7
2.3 Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi ile İlgili Çalışmalar	9
2.4 Potansiyel Bitki Su Tüketimi (ET _c) ve Nispi Bitki Su Tüketimi (RET).....	26
3.MATERYAL.....	30
3.1 Araştırma Yerinin Coğrafi Konumu	30
3.2 Araştırma Alanının İklim Özellikleri.....	31
3.3 Araştırma Alanına İlişkin Ürün Deseni ve Sulama Yöntemi.....	33
3.4 Araştırma Yerinin Su Kaynakları	34

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
3.5 Araştırma Yerinin Toprak Özellikleri	35
3.6 Araştırma Yerinin Topoğrafik Durumu	39
3.7 Uydu Görüntüleri	41
3.8 Kullanılan Bilgisayar Yazılımları ve GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi)	42
4.YÖNTEM	44
4.1 Ürün Deseninin Belirlenmesi.....	44
4.2 Gerçek Bitki Su Tüketiminin Uzaktan Algılama ile Hesaplanması	45
4.2.1 Referans bitki su tüketiminin hesaplanması	47
4.2.2 SEBAL Modeli	48
4.2.2.1 Biyofiziksel parametreler.....	49
4.2.2.2 Günlük gerçek bitki su tüketiminin tahmin edilmesi	54
4.2.3 ET_a ile ET_c arasındaki ilişkinin belirlenmesi	55
4.2.4 Aylık gerçek bitki su tüketiminin hesaplanması	55
4.2.5 Potansiyel bitki su tüketiminin hesaplanması	56
4.3 Oransal Bitki Su Tüketimi ve Varyasyon Katsayısının Hesaplanması	57
4.4 ET_a Haritalarının Oluşturulması	57

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
5. BULGULAR	58
5.1 Ürün Deseni.....	58
5.2 Bitki Su Tüketimine Ait Bulgular.....	59
5.2.1 2013 yılına ait tahmin edilen günlük gerçek bitki su tüketimleri	60
5.2.2 2014 yılına ait tahmin edilen günlük gerçek bitki su tüketimleri	71
5.2.3 2013 ve 2014 yılları Mayıs-Ekim dönemine ait ET_a ve ET_c değerlerinin karşılaştırılması.....	79
5.2.4 2013 ve 2014 yılları Mayıs-Ekim dönemine ait aylık bitki su tüketimleri .	82
5.2.5 2013 ve 2014 yılı RET ve CV değerleri.....	87
6.SONUÇ VE TARTIŞMA	98
7. ÖNERİLER	103
KAYNAKLAR DİZİNİ	104
ÖZGEÇMİŞ	122



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1 Kavakdere Vadisi sulama alanı	30
Şekil 3.2 Kavakdere Vadisi ürün deseni ve damla sulama yöntemine ilişkin bir görüntü	33
Şekil 3.3 Kavakdere barajından bir görüntü	34
Şekil 3.4 Kavakdere Vadisi sulama alanı büyük toprak grubu haritası	37
Şekil 3.5 Kavakdere Vadisi arazi kullanım kabiliyet sınıfı haritası	38
Şekil 3.6 Kavakdere Vadisi eğim haritası	40
Şekil 3.7 Kavakdere Vadisi LANDSAT 8 OLI-TIRS uydu görüntüsü	42
Şekil 3.8 Ashtech Mobile Mapper 100 GPS	43
Şekil 4.1 Kavakdere Vadisi çalışma alanı ürün deseninin ekran sayısallaştırması ile belirlenmesi	44
Şekil 4.2 Kavakdere Vadisi dikili alanlarının LANDSAT 8 OLI-TIRS uydu görüntüsü ile karşılaştırılması	45
Şekil 4.3 SEBAL ile bitki su tüketiminin belirlenmesi aşamaları	46
Şekil 4.4 Yüzey enerji dengesi	48
Şekil 4.5 Radyasyon dengesi	51
Şekil 4.6 Hissedilebilir ısı akısı bileşenleri	53
Şekil 5.1 Kavakdere Vadisi ürün deseni	58

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.2 Kavakdere Vadisi sulama alanı bağ ve narenciye alanları	59
Şekil 5.3 Kavakdere Vadisi sulama alanı yer bağı, zeytin, bağ, narenciye, bitkisel varlık (söğüt+nar+ceviz)	59
Şekil 5.4 2 Mayıs 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.....	61
Şekil 5.5 18 Mayıs 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası	62
Şekil 5.6 27 Mayıs 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası	63
Şekil 5.7 28 Haziran 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası	64
Şekil 5.8 5 Temmuz 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası	65
Şekil 5.9 21 Temmuz 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası	66
Şekil 5.10 15 Ağustos 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası	67
Şekil 5.11 22 Ağustos 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası	68
Şekil 5.12 16 Eylül 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.13 25 Ekim 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.....	70
Şekil 5.14 21 Mayıs 2014 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası....	72
Şekil 5.15 22 Haziran 2014 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası	73
Şekil 5.16 8 Temmuz 2014 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası	74
Şekil 5.17 25 Ağustos 2014 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası	75
Şekil 5.18 10 Eylül 2014 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası	76
Şekil 5.19 19 Eylül 2014 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.....	77
Şekil 5.20 21 Ekim 2014 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası	78
Şekil 5.21 2013 yılında narenciye ET_a ve ET_c değerlerinin karşılaştırılması	79
Şekil 5.22 2014 yılında narenciye ET_a ve ET_c değerlerinin karşılaştırılması	79
Şekil 5.23 2013 yılında bağ ET_a ve ET_c değerlerinin karşılaştırılması	80
Şekil 5.24 2014 yılında bağ ET_a ve ET_c değerlerinin karşılaştırılması	80

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.25 2013 yılında zeytin ET_a ve ET_c değerlerinin karşılaştırılması.....	81
Şekil 5.26 2014 yılında zeytin ET_a ve ET_c değerlerinin karşılaştırılması.....	81
Şekil 5.27 2013 yılı Mayıs-Ekim dönemine ait narenciye aylık ET_a ve ET_c değerleri.....	84
Şekil 5.28 2014 yılı Mayıs-Ekim dönemine ait narenciye aylık ET_a ve ET_c değerleri.....	84
Şekil 5.29 2013 yılı Mayıs-Ekim dönemine ait bağ aylık ET_a ve ET_c değerleri.....	85
Şekil 5.30 2014 yılı Mayıs-Ekim dönemine ait aylık bağ ET_a ve ET_c değerleri.....	85
Şekil 5.31 2013 yılı Mayıs-Ekim dönemine ait zeytin aylık ET_a ve ET_c Değerleri.....	86
Şekil 5.32 2014 yılı Mayıs-Ekim dönemine ait aylık zeytin ET_a ve ET_c değerleri.....	86
Şekil 5.33 2013 yılı narenciyeye alanlarına ait RET haritaları.....	88
Şekil 5.34 2014 yılı narenciyeye alanlarına ait RET haritaları.....	89
Şekil 5.35 2013 yılı narenciyeye ait RET ve CV değerleri.....	90
Şekil 5.36 2014 yılı narenciyeye ait RET ve CV değerleri.....	90
Şekil 5.37 2013 yılı bağ alanlarına ait RET haritaları.....	91

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.38 2014 yılı bağ alanlarına ait RET haritaları	92
Şekil 5.39 2013 yılı bağa ait RET ve CV değerleri.....	93
Şekil 5.40 2014 yılı bağa ait RET ve CV değerleri.....	93
Şekil 5.41 2013 yılı zeytin alanlarına ait RET haritaları	94
Şekil 5.42 2014 yılı zeytin alanlarına ait RET haritaları	95
Şekil 5.43 2013 yılı zeytine ait RET ve CV değerleri.....	96
Şekil 5.44 2014 yılı zeytine ait RET ve CV değerleri.....	96



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Narenciye bitki su tüketimi değerleri	9
Çizelge 2.2 Yıllara göre zeytin bitki su tüketimi	10
Çizelge 2.3 SEBAL ve lizimetre ile belirlenen ET değerleri.....	16
Çizelge 2.4 SEBAL ile METRIC ile tahmin edilen ET_a değerleri karşılaştırılması	17
Çizelge 2.5 SEBAL ile eddy kovaryans değerlerinin karşılaştırılması	24
Çizelge 2.6 Çeşitli metodlarla belirlenen bitki su tüketiminin pamuk ve vadinin tamamı için karşılaştırılması	25
Çizelge 3.1 Seferihisar iklim verilerinin uzun yıllık ortalaması (1981-2015)	32
Çizelge 3.2 Seferihisar ilçesi büyük toprak grupları alansal dağılımı	36
Çizelge 3.3 Seferihisar ilçesi arazilerinin eğim gruplarına göre alansal dağılımı	39
Çizelge 3.4 Landsat 8 OLI-TIRS bantlarının özellikleri	41
Çizelge 3.5 2013 ve 2014 yılına ait LANDSAT 8 OLI-TIRS görüntü tarihleri .	42
Çizelge 4.1 C_n ve C_d değerleri için hesaplanmış katsayılar	47
Çizelge 4.2 Bitkilerin gelişme dönemlerine göre K_c katsayıları	56
Çizelge 4.3 Bitkilerin gelişim dönemleri (gün)	56
Çizelge 5.1 2013 ve 2014 yılı toplam ve ortalama bitki su tüketimleri (mm)	87



1. GİRİŞ

Su yeri doldurulamaz bir kaynak olup su olmadan insanlığın varlığını sürdürmesi mümkün değildir. İnsanlar yaşamlarını sürdürebilmek için mevcut suyun yalnızca %2'lik küçük bir kısmını oluşturan tatlı sudan yararlanabilirler (UNESCO, 1977). Günümüzde sulu tarım, kontrol altındaki tatlı su kaynaklarının %70'ten fazlasını kullanmaktadır (OECD, 2016).

Dünya nüfusu 20. yüzyılda 3 kat artarken, yenilenebilir su kaynaklarının kullanımı 6 kat artmıştır. Önümüzdeki 50 yıl içinde ise dünya nüfusunun %40-50 oranında artması öngörülmektedir. (World Water Council, 2017). Ülkemiz, toplam 112 milyar m³ kullanılabilir suyun yaklaşık 46 milyar m³'ünü kullanabilmekte bunun da yaklaşık 34 milyar m³'ü tarım sektöründe kullanılmaktadır (Kalkınma Bakanlığı, 2014).

Artan gıda talebi ve azalan su kaynakları nedeniyle sınırlı olan kaynakların en iyi şekilde yönetilmesi oldukça önemlidir. Su için artan rekabet, suyu koruma ya da daha etkili kullanma yollarının araştırılmasını zorunlu hale getirmektedir (Clemmens and Molden, 2007; Qureshi et al'dan, 2010). Bu amaçla büyük alanlarda etkili bir su yönetimi uygulayabilmek için, gerçek zamanlı verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut kaynaklarla ilgili gerekli verilerin güvenilir olması, su kaynaklarının planlanmasının ve yönetiminin daha etkin yapılmasını sağlamaktadır (Loucks and Costa, 1990).

Özellikle büyük sulama alanlarında, bitkilere gereksinim duydukları su miktarından daha fazla su verilmektedir. Etkin bir su kullanımı için bitki su tüketiminin (ET) doğru olarak tahmin edilmesi zorunludur. ET, hidrolojik su bütçesinde büyük bir oranı oluşturmaktadır. Yeryüzüne ulaşan yağışın %60'ı ET olarak atmosfere geri dönmektedir (Brutsaert, 1986). ET, özellikle yarı-kurak bölgelerde sulama suyunu ve yağışı kullanan büyük bir tüketicuyu ifade eder (FAO, 1989). Büyük sulama alanlarında, bitki su tüketiminin doğru olarak tahmin edilmesi oldukça zordur. ET'nin tahmin edilmesindeki belirsizlikler, su dengesi ve su kaynaklarının yanlış yönetilmesine neden olur. Bu nedenle ET'nin doğru olarak tahmini oldukça önemlidir. ET'ye ilişkin çalışmalar iki temel bileşeni içerir

(Monteith and Unsworth, 1990; Campbell and Norman'dan, 1998) bunlar toprak ve su yüzeylerinden olan buharlaşma ile bitkiden olan terlemedir (Hanson, R.L., 1991).

Günümüzde uzaktan algılama teknikleri (UA), toprak ve su kaynakları yönetimiyle ilgili çalışmalarda oldukça önemlidir. (Johnson, 2013). Uydu görüntüleri, ET tahmininde, alternatif bir araç olup (Gonzalez, 2017) son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Bastiaanssen and Bos, 1999). ET'nin uydu görüntüleriyle belirlenmesinde birçok model kullanılmaktadır. Söz konusu bu modellerden biri, uydu görüntülerinden elde edilen yüzey albedosu, yüzey sıcaklığı, vejetasyon indeksi gibi verileri girdi olarak kullanan ve yüzey enerji dengesine dayanan SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land)'dir. SEBAL, uydu görüntülerini kullanarak ET_a tahmin eder. SEBAL birçok ülkede (İspanya, İtalya, Türkiye, Pakistan, Hindistan, Sri Lanka, Mısır, Nijerya ve Çin) arazi gerçekliği sağlanarak geliştirilmiş bir modeldir (Bastiaanssen, et al., 1998; Bastiaanssen, et al., 1998b; Bastiaanssen and Bos'dan, 1999). Bu model geleneksel ET_a hesaplama yöntemlerine göre birçok üstünlüğe sahiptir (Allen et al., 2011).

Genel olarak potansiyel ET (ET_c) kavramı, hidrolojistler, agronomistler ve meteorolojistler tarafından yaygın olarak kullanılır. ET_c , su temininde kısıtın olmadığı, arazinin tamamıyla ve uniform olarak bitkiyle kaplı olduğundaki en yüksek ET olarak Thornthwaite (1948) tarafından ilk defa tanımlanmıştır. Su kaynakları sisteminde, ET_c kavramı iklimin su talebine olan etkisi yani yüzeyde su kısıtı olmadığı ve iklim şartları tarafından belirlenir (Fortin and Seguin, 1975). Bütün ET_c tahmin yöntem içerisinde FAO (Food and Agriculture Organization) Penman-Monteith yöntemi (Allen et al., 1998) en yaygın kullanılan yöntemdir (Jensen, 2010). Bu yöntem referans bitkinin ET 'sini (ET_0) hesaplamak için standart meteorolojik verileri kullanmaktadır. Belirli bir bitkinin ET_c 'sini hesaplamak için ET_0 ve bitki katsayısı kullanılır (Allen et al., 1998). Bunun yanı sıra bölgeye ait iklimsel şartlar, bitki özellikleri, gelişme dönemi uzunluğu ve toprak nemi de ET_c üzerinde etkili olmaktadır (Pruitt and Doorenbos, 1977). Bitki su tüketiminin belirlenmesinde kullanılan bu yöntemdeki problem, dünyanın çoğu bölgesindeki iklim verilerinin güvenilir olmamasıdır. ET_c hesaplamasında,

uygulamada yüzeyin tamamıyla bitki örtüsü ile örtülü olduğu varsayılmasına rağmen bu alanlar çoğunlukla çıplak toprak yüzeyi olmaktadır.

Bitkilerin gelişme seviyelerinin ve su tüketimlerinin tahmin edilmesi, tarımsal yönetim için önemli bilgiler sunar (Li et al., 1993; Köksal'dan, 2011). Alanlardaki tarımsal yönetimin iyileştirilmesi için, potansiyel su talebinin, ekolojik ve çevresel etkilerin belirlenmesi gerekmektedir. ET_a ile ET_c arasındaki ilişki tarım ve su kaynakları konularının yanı sıra ulusal güvenlik ile bile ilgili olabilir, bu durum insan aktivelerinde ve tüzel araziler ölçeğinde bitki su eksikliğinin ve azalmaların göstergesidir (Wigmosta et al., 1994; Betts et al., 1997; Overgaard et al., 2006; Allen et al'dan, 2011). Arazi çalışmalarının çok fazla zaman ve işgücü gerektirdiği ve ekonomik olmadığı durumlarda (Çamoğlu, 2010), uzaktan algılama büyük alanlara ilişkin mekânsal ve zamansal ET_a değerlerini doğru, nesnel ve zamanında tahmin etmektedir. Bu değerler, tarla seviyesinden tüm proje alanına kadar her seviyede doğru bir şekilde elde edilebilmektedir (Bastiaanssen, 1999a).

Bu doktora çalışmasında, çalışma alanı olarak seçilen Seferihisar-Kavakdere Havzası'ndaki bölge halkının temel geçim kaynağı tarımdır. Bu bölge sadece Seferihisar için değil aynı zamanda Ege Bölgesi ve İzmir için de önemli bir narenciye ve üzüm kaynağıdır. Tatlı su kaynaklarının büyük bir kısmı, tarım alanlarındaki bitkiler tarafından tüketilir, dolayısıyla bu bölgelerde ET oranları çok yüksek olur. Bu çalışmada, Landsat 8 OLI-TIRS uydu görüntülerine SEBAL modeli uygulanarak ürün bazında zamansal ve mekânsal ET değerleri belirlenmiştir. SEBAL, bölgesel ve küresel ölçekte ET değerlerini yüksek bir doğruluk oranıyla belirlemede kullanılan yaygın bir modeldir. Çalışma alanı, yarı kurak iklim şartlarına sahip olmakla birlikte tarımın yaygın olarak yapıldığı organik bir vadedir. Yetiştiriciliği yapılan temel ürünler narenciye, bağ ve zeytindir.

ET_a ve ET_c değerlerini belirlemek ve bunların ürün bazında karşılaştırmasını yaparak sulama sezonu boyunca bu değerlerin değişimini ortaya koymak çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır. Bu bağlamda, güncel ürün deseni (narenciye, bağ, zeytin) belirlenmiş, elde edilen ürün desenine göre ürün bazında

bitki su tüketimleri hesaplanmıştır. ET_a , Landsat uydu verilerine SEBAL modeli uygulanarak; ET_c ise iklim verileri ile hesaplanmış ve aralarındaki ilişki araştırılmıştır. Bitki su tüketimlerinin değerlendirmeleri, günlük, aylık ve mevsimlik bazda yapılmıştır. Ayrıca aylık ET_a ET_c 'ye oranı olan nispi bitki su tüketim değerleri (RET) ve bu değerlerin varyasyon katsayıları (CV) hesaplanarak aylara göre su temininin yeterlilik ve homojenlik durumları belirlenmiştir.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Uzaktan Algılama ve Bitki Su Tüketimi Arasındaki İlişki

Kurak ve yarı kurak bölgelerde, yağışın %90'ını ya da daha fazlası bitki su tüketimi ile kullanılmakta olup, bitki su tüketimi bu ekosistemlerdeki havzaların suyu depolaması ve boşaltması arasındaki denge olarak tanımlanabilir (Huxman et al., 2005).

Su kaynaklarının etkin kullanımına yönelik olarak yapılan bütün çalışmalar, güvenilir bitki su tüketimi tahminlerine dayanmak zorundadır. Bitki su tüketimine ilişkin bu çalışmalar, arazi ve su yüzeylerinden olan buharlaşma ile bitkiden olan terlemeyi içerir. Bitki su tüketimi, iklim şartlarına göre bölgesel ve mevsimsel olarak değişir (Hanson, 1991).

Bazı yöntem ve modeller; küresel, bölgesel ve yerel ölçeklerde bitki su tüketimini belirlemede kullanılmaktadır. Bitki su tüketimi tahminleri, uygulamaya ve mevcut verilerin çeşidine bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak uygulanan yöntemler, hidrolojik modeller, doğrudan ölçümler ve uzaktan algılama olarak sınıflandırılabilir (Gieske, 2001). Bu yöntemlerden hidrolojik modeller, bitki su tüketimini zamansal ve mekânsal olarak tahmin edebilmektedir (Kite and Droogers, 2000). Doğrudan ölçüm yöntemleri, genellikle özel ekipmanlara gereksinim duydukları için uygulanması zor yöntemlerdir. Aynı zamanda bu yöntemlerin uygulanması pahalı olup doğru sonuçlar elde etmek için eğitimli personele ihtiyaç duyarlar (Allen et al., 1998).

Bitki su tüketiminin doğrudan ölçümünün zor olması nedeniyle dolaylı ölçüm yöntemleri daha yaygın olarak uygulanmaktadır. Uzaktan algılama, bölgesel bitki su tüketiminin tahmin edilmesinde en esnek araçlara sahip dolaylı bir ölçüm yöntemidir (Jackson, 1984; Park et al., 1968; Choudhury et al., 1987).

Uzaktan algılama, gerçek bitki su tüketimini küresel ve bölgesel ölçekte etkili ve ekonomik olarak belirleyen en iyi tekniktir (Kustas and Norman, 1996).

Bitki su tüketiminin bölgesel ölçekte belirlenmesi, bitki su tüketiminin zamanla değişiminin dünya çapında incelenmesi için yapılan çalışmalarda, gün geçtikçe daha da önemli hale gelmektedir. (Curran and Foody, 1994).

Uzaktan algılamaya dayalı olarak bitki su tüketiminin belirlenmesinde yüzey enerji dengesi yaklaşımı yaygın olarak kullanılır. Bu yaklaşımda, elektromanyetik spektrumun görünür (VIS) ve yakın kızılötesi (NIR) kısmından olan yansımalar ile termal bandın kızılötesi kısmından (TIR) olan yüzey sıcaklığı kullanır. (Su et al., 2005).

Yeşil bitki yaprakları, spektrumun görünür kısmındaki (400-700 nm) dalga boyundaki enerjiyi çok az yansıtır. Çünkü klorofil ve diğer pigmentler bu dalga boylardaki enerjiyi absorbe eder. Spektrumun yakın kızılötesindeki (NIR) (700-1300 nm) dalga boylarındaki enerjiyi ise daha çok yansıtır, bunun nedeni ise yaprak hücre duvarlarından bu dalga boylarının saçılmasıdır (Glenn et al., 2007). Diğer bir deyişle, sağlıklı vejetasyon, görünür bölgedeki dalga boylarındaki enerjiyi absorbe ederken yakın kızılötesi bölgesindeki dalga boylarındaki enerjinin büyük bir kısmını geri yansıtır. Sağlıksız ya da seyrek vejetasyon ise görünür bölgedeki dalga boylarındaki enerjinin büyük bir kısmını yansıtırken yakın kızılötesi bölgesindeki dalga boylarındaki enerjinin ise daha azını yansıtır (NASA, 2016). Nitekim Köksal (2011) dalga boylarındaki yansıma değerlerine göre bitkilerin yeterli miktarda su alıp almadıklarının bilinebileceğini diğer bir ifadeyle yeterli miktarda su alan bitkilerin sağlıklı ve yeşil olduğunu alamayanların ise gelişimlerinin yavaş olduğunu ifade etmiştir.

Yeşil bitki örtüsü hakkında bilgi veren çeşitli vejetasyon indeksleri bulunmaktadır. Bunlardan biri olan NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), uzaktan algılama ile belirlenebilen bitkilerin gelişme durumları hakkında bilgi veren bir indekstir (Köksal, 2008). NDVI değerleri -1 ile +1 arasında değişmektedir. Yeşil alanlar 0 ile 1 arasında, su ve bulutun olduğu alanlar ise 0'dan daha az bir değer almaktadır. Açık su yüzeylerinde NDVI, kırmızı banttaki yüksek yansıma oranından ve yakın kızılötesindeki güçlü absorpsiyondan dolayı negatiftir (Glenn et al., 2007). NDVI değerlerinin yüksek olması ise vejetasyonun

yoğun olduğunu gösterir. NDVI aynı zamanda; çevreyi, toprak, su ve vejetasyon olarak sınıflandırmada kullanılabilen bir parametredir (Glenn et al., 2007).

Diğer bir vejetasyon indeksi ise SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)'dir. NDVI değerlerine toprak tipi, topraktaki nem ve toprağın parlaklığı etki etmekte olup ancak bu faktörler indeksin hesaplanmasında kullanılmamaktadır (Bausch, 1993; Glenn et al'dan, 2007). Bu nedenle SAVI'nin NDVI'dan farkı, sadece vejetasyonu değil aynı zamanda toprak etkilerini de dikkate almasıdır. Qi et al. (1994), SAVI'nin hesabında diğer vejetasyon indekslerinden farklı olarak bitki ve topraktan meydana gelen yansımaları dikkate alan toprak düzeltme faktörünü eşitliğe dahil ettiğinden dolayı vejetasyon indeksini daha duyarlı bir biçimde hesapladığını ifade etmişlerdir. NDVI ve SAVI değerlerinin hesaplanmalarının kolay olmasından dolayı bölgesel ölçeğin yanı sıra küresel ölçekteki çalışmalarda da bu indeksler yaygın olarak kullanılmaktadır. Uzaktan algılama verilerinden yararlanılarak belirlenen vejetasyon indeksleri ve net radyasyon, hissedilebilir ısı akısı gibi diğer parametrelerle birlikte bitki su tüketimi tahmin edilebilir. Bu amaçla kullanılan modeller; yöresel, bölgesel ve küresel ölçekte yüzey akılarını tahmin eder.

2.2 Bitki Su Tüketimi ve Yüzey Enerji Dengesi

Bitki su tüketiminin iki temel bileşeni vardır, bunlardan birincisi toprak yüzeyinden olan buharlaşma, ikincisi ise bitki yüzeyinde gerçekleşen terlemedir (Monteith and Unsworth, 1990; Campbell and Norman'dan, 1998). Buharlaşma ıslak ve nemli topraklarda gerçekleşir, buz ve kardaki su buharı ise süblimleşir. Terleme ise gövde ve yapraklar yoluyla gerçekleşmektedir. Terleme, fiziksel ve biyolojik süreçler tarafından kontrol edilmektedir. Terleme fotosentez oranıyla ilişkilidir. Bunun nedeni ise stomaların yapraklara karbondioksit girişini desteklemesidir. Bu nedenle uzaktan algılama ile terlemeyi tahmin etmede kullanılan yöntemler fotosenteze bağlı olmaktadır (Glenn et al., 2007).

Bitki su tüketimi, suyu sıvı halden gaz haline dönüştürmek için büyük miktarda enerjiye ihtiyaç duymaktadır (Su et al., 2005; Gowda et al'dan, 2011). Gizli (latent) ısı akısı, bitki su tüketimi için gereken enerjiyi ifade etmektedir.

Anlık bitki su tüketimi değerleri, yüzey enerji dengesi eşitliğindeki latent ısı akısı hesaplanarak doğrudan elde edilebilir. (Droogers and Bastiaanssen, 2002).

Bitki su tüketimi, uydu görüntüsündeki her bir piksel için yüzey enerji dengesi eşitliği yardımıyla hesaplanabilmektedir (Bastiaanssen et al., 2005). R_n yüzey enerji dengesindeki en büyük bileşendir, vejetasyon örtüsüne ve toprak nemine bağlı olarak değişen G , R_n 'nin %5-50'si kadardır (Brutsaert, 1986). Bulutlu havalarda saatlik ya da daha kısa zaman dilimlerine ait R_s 'nin (Kısa dalga boylu radyasyon) validasyonu zor olmaktadır. Bunun nedeni özellikle arazi deneme alanlarındaki arazi ölçümlerinin yapıldığı alanların sınırlı olmasıdır (Pinker et al., 1994; Kustas and Norman'dan, 1996).

Toprak ısı akısı, düşey sıcaklık eğilimi ve toprağın termal iletkenliğinin bir fonksiyonudur. Bu sıcaklık eğilimi uzaktan ölçülemez. Bu nedenle G , çok sayıda modelden yararlanarak bazı toprak katmanlarına kadar belirlenebilmektedir (Campbell, 1985; Kustas and Norman'dan, 1996). Modeller genel iklim verilerini kullanarak G 'yi yeterli derecede tahmin edebilmektedir (Camillo, 1989; Kustas and Norman'dan, 1996). Diğer bir yaklaşım ise G/R_n oranıdır (Eşitlik 1), bu oran gündüz saatlerinde sabit olup vejetasyon örtüsünün ve yaprak alan indeksinin bir fonksiyonudur. Uzaktan algılanmış vejetasyon indeksleriyle bu oran tahmin edilebilmektedir (Choudhury et al., 1994; Kustas and Norman'dan, 1996). SEBAL ve METRIC uygulamaları G/R_n oranını Eşitlik 1 aracılığıyla tahmin etmektedir (Bastiaanssen, 2000; Allen et al'dan, 2011).

$$G/R_n = T_s/\alpha (0.0038\alpha + 0.0074\alpha^2)(1 - 0.98NDVI^4) \quad (1)$$

T_s , yüzey sıcaklığı, α , albedo, NDVI, normalize edilmiş vejetasyon indeksidir. Yüzey enerji dengesi eşitliğindeki diğer bir parametre olan H 'nin ise ölçümü karmaşık ve zordur. Bunun için yüzeyin üzerindeki sıcaklık eğilimlerinin doğru bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir (Allen et al., 1998). H , yüzey ve atmosfer sıcaklıkları farkının iletimi ve yayılması ile hava da oluşan ısı kaybı oranıdır (Allen et al., 2010). Diğer bir ifadeyle, bitki seviyesi ile bitkinin üzerinde belirli bir seviye arasındaki ısının değişimine etki eden enerjiyi açıklamaktadır

(Bastiaanssen et al., 1998; Bastiaanssen and Boss, 1999a; Bastiaanssen et al., 2001; Allen et al., 2005, 2007; Çetin'den, 2013).

Arazi-atmosferdeki ısı akıları ve radyasyonun doğru olarak tahmin edilmesi su kaynakları yönetimi, hidrolojik süreçler, iklim değişikliği, karasal ekoloji ve bölgesel ölçekteki sayısal hava tahmini araştırmalarında önemlidir (Su et al, 2005; Gowda et al'dan, 2011). Doğru bir şekilde tahmin edilen bölgesel bitki su tüketimleri mekânsal olarak sulama suyunun daha iyi yönetilmesini sağlamaktadır (Gowda et al., 2007). Isı akıları, radyasyon ve bitki su tüketimi tahmini için çok sayıda modeller geliştirilmiştir. Bu modellerden SEBAL (Bastiaanssen et al., 1998), METRIC (Allen et al., 2007), TSEB (Norman et al., 1995), S-SEBI (Roerink et al., 2000), SEBS (Su, 2002) en yaygın olarak kullanılanlarıdır.

2.3 Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi ile İlgili Çalışmalar

Köyüşleri Bakanlığı (1977) tarafından İzmir'de yapılan bir araştırmada narenciye bitki su tüketimleri aylara göre belirlenmiştir (Çizelge 2.1) (Can, 2007).

Çizelge 2.1 Narenciye bitki su tüketimi değerleri.

	ET (mm)
Nisan	65
Mayıs	109
Haziran	156.3
Temmuz	185.1
Ağustos	164.3
Eylül	106.9
Ekim	71.1
Toplam	857.7

Aşık et al. (2014) tarafından 2008-2010 yılları arasında üç yıl süreyle Bornova Zeytincilik Araştırma Enstitüsü'nde yürütülen bir çalışmada, zeytinin ET_a ve sulama suyu ihtiyacı belirlenmiştir. Çalışmada, toprak nemi nötronmetre ile izlenmiş, konulara uygulanacak su miktarları ise A sınıfı buharlaşma kabından olan 5 günlük birikimli buharlaşma miktarına göre hesaplanmıştır. 2008, 2009 ve 2010 sulama sezonlarına ilişkin uygulanan sulama suyu miktarları, sırasıyla 676,

632 ve 559 mm; ET_a değerleri (Çizelge 2.2) ise 704, 604 ve 595 mm olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2.2 Yıllara göre zeytin bitki su tüketimi.

Yıl	Ay	ET_a (mm)
2008	Haziran	80
	Temmuz	251
	Ağustos	215
	Eylül	158
	Toplam	704
2009	Haziran	48
	Temmuz	225
	Ağustos	242
	Eylül	89
	Toplam	604
2010	Temmuz	232
	Ağustos	231
	Eylül	132
	Toplam	595

E.Ü Ziraat Fakóltesi deneme alanında kurulu narenciye plantasyonunda 2005 yılında yapılan bir çalışmada, bitki su tüketimi ve sulama suyu miktarları belirlenmiştir. Çalışmada, toprak nemi nötronmetre ile izlenmiş, uygulanacak su miktarları ise A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşma miktarlarına göre hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, 01 Temmuz-16 Kasım 2005 dönemine ait mevsimlik bitki su tüketimi 395.0-532.6 mm arasında bulunmuştur (Can, 2007).

Benzer şekilde aynı alanda yapılan diğer bir çalışmada ise 01 Temmuz-30 Ekim 2006 dönemine ait mevsimlik narenciye bitki su tüketimi 471.3-816.8 mm olarak belirlenmiştir (Can ve ark., 2014).

Çukurova Üniversitesi'ne ait bağcılık araştırma alanında yapılan bir çalışmada, bağın mevsimlik bitki su tüketimi, gravimetrik yöntemle su bütçesi eşitliğiyle belirlenmiştir. Çalışmada, uygulanan sulama konularına göre bitki su tüketimleri 266-652 mm arasında bulunmuştur (Ağar, 2010).

Menemen ovasında 1999-2001 yılları arasında yapılan bir çalışmada bağın bitki su tüketimi, gravimetrik yöntemle su bütçesi eşitliğiyle belirlenmiştir. Çalışmada, Mart-Eylül dönemi arasındaki bitki su tüketimlerini 1999 yılı için 333–611 mm, 2000 yılı için 344–576 mm, 2001 yılı için ise 363 – 562 mm arasında bulunmuştur (Gündüz ve Korkmaz, 2008).

Ankara’da 2005 yılında yapılan bir çalışmada, şeker pancarı ve fasulyenin bitki su tüketimi enerji dengesine dayanan METRIC modeli ve su bütçesi eşitliği ile belirlenmiştir.

METRIC’den elde edilen referans ET’nin fraksiyonu (ET_r/F) temel olarak bitki katsayısı olarak varsayılmış olup bu değerler şeker pancarı ve fasulye için sırasıyla 1.50 ve 1.72 olarak belirlenmiştir. Su bütçesiyle hesaplanan bitki su tüketimleri, sulama sezonu boyunca şeker pancarı için 975.6 mm, fasulye için ise 745.6-904.1 mm olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, tahmin edilen ve ölçülen bitki su tüketim değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür (Köksal, 2008).

Arjantin’deki Pampa bölgesinde yapılan bir çalışmada, bitki su tüketimini tahmin etmek için NOAA AVHRR görüntülerinden elde edilen veriler ve su bütçesi eşitliği kullanılmıştır. Çoklu regresyonu kullanarak, bitki su tüketiminin, sıcaklık-NDVI ile olan ilişkisi, bölgelere ve tarihlere göre olmak üzere iki ayrı kategoride irdelenmiştir. Termal kızılötesi ve NDVI verileri, NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) uydusu üzerindeki AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) sensöründen elde edilmiştir. Bitki su tüketimi ile sıcaklık-NDVI arasındaki ilişkinin R^2 değeri 0.7535 olarak bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, ölçülen ve uydu verilerinden tahmin edilen bitki su tüketimi değerleri birbiriyle örtüşmüş, bütün tarihlerde bu iki değer için R^2 ortalama olarak yaklaşık 0.70, her bölge için ise yaklaşık 0.79 olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, Arjantin’in başlıca tarım bölgesi olan Pampa’da uzaktan algılanmış verilerle bitki su tüketiminin güvenilir bir şekilde belirlenebileceğini göstermiş, ayrıca spektral veriler ve bitki su tüketimi arasındaki ilişkinin modelin kullanıldığı bölgelerden ziyade tarihlere karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir (Bella et al., 2000)

McCabe et al. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada peyzaj alanlarındaki heterojenliğin yüzey akılarına etkisini farklı çözünürlükteki Landsat ETM (60 m), ASTER (90 m) ve MODIS (1020 m) uydu verilerini kullanarak ve birbirlerinden bağımsız olarak bitki su tüketimleri tahmin edilmiştir. Iowa Walnut Creek'deki SMACEX çalışmasından elde edilen eddy kovaryans akı ölçümleriyle uydu verilerinden elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, gözlemlenen değerler ile yüksek çözünürlüklü uydulardan alınan (Landsat ETM ve ASTER) değerlerin büyük oranda örtüştüğü belirlenmiştir. Ayrıca MODIS'e dayalı tahminlerin ise arazi ölçeğinde, arazi yüzeyindeki heterojenliğin etkisini ayırt etmede yetersiz olduğunu fakat bölgesel ölçekteki bitki su tüketimini tahmin etmede ise yararlı olduğu bulunmuştur.

Gaza Strip bölgesinde yapılan bir çalışmada, narenciye, badem, hurma ve üzüm bitkilerinin, FAO-Cropwat yazılımı ile bulunan bitki su tüketimleri ile çiftçi uygulamalarında kullanılan sulama suyu miktarları karşılaştırılmıştır. Çalışma için meteoroloji istasyonlarından elde edilen maksimum ve minimum sıcaklıkları, nemi, rüzgar hızını ve güneşlenme süresi değerleri bitki su tüketimin belirlemek için FAO-Cropwat yazılımına aktarılmıştır. Çalışma alanının, maksimum sıcaklığı kış ve yaz için sırasıyla 18.1 °C ve 29.4 °C, minimum sıcaklığı 10.7 °C ve 24.6 °C, ortalama nemi ise % 68.3 olmuştur. Rüzgar hızı, 230-281 km/gün olurken, güneşlenme süresi kış için 5.7 saat/gün, yaz için ise 9.7 saat/gün olarak gerçekleşmiştir. Çalışma alanında kış mevsimi kısa sürmekte, ilk yağışlar ekim ayından itibaren başlayıp marta kadar devam etmektedir. Eylül ve nisan aylarında ise yağış ara sıra gerçekleşmekte olup bu durum son 10 yılda 2 kere gerçekleşmiştir. Bu nedenle ortalama yıllık yağış bir yıl içerisinde sadece 5 ay içinde dağılım göstermiş ve yağışın %30'u ocak ayında gerçekleşmiştir. Bu veriler doğrultusunda hesaplanan yıllık referans bitki su tüketimini 1451±5 mm/yıl olarak bulunmuştur. Sulama suyu gereksinimi narenciye, badem, hurma ve üzüm için 763, 722, 1083 ve 591 mm/yıl olarak tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çiftçi uygulamaları sulama suyu gereksiniminin %30'ı kadar fazla olmuştur. (Al-Najar, 2011).

Samsun-Kavak İlçesi Minöz Deresi Havzası'nda 2007 yılı Mayıs-Eylül döneminde yapılan bir çalışmada, aylık bitki su tüketimlerini belirlemek için

yüzey enerji dengesi tabanlı METRIC modeli kullanılmıştır. 2007 yılında 24 Mayıs, 25 Haziran, 11 Temmuz, 12 Ağustos ve 29 Eylül tarihlerine ait toplam 5 adet Landsat 5 TM uydu görüntüsü kullanılmıştır. METRIC modeli ile belirlenen aylık ET değerleri mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül ayları için sırasıyla 112.0 mm, 150.8 mm, 145.7 mm, 105.2 mm ve 96.4 mm olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, METRIC modeline göre hesaplanan bitki su tüketimi değerlerinin, havza su bütçesine göre hesaplanan bitki su tüketim değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler, oluşturulan bitki su tüketimi haritalarının hidrolojik çalışmalarda, sulama yönetiminde ve sulama şebekelerinin işletilmesi gibi birçok alanda kullanılabileceğini göstermiştir (Çetin, 2013)

Zheng et al. (2016) tarafından 2011-2012 yıllarında Merkez Asya'daki kurak bir bölgede yapılan bir çalışmada, MODIS verileri kullanılarak geliştirilen radyasyon modülü aracılığıyla SEBAL modeli kullanılarak ET tahmin edilmiştir. R_n tahmini Zheng et al. 2016; Bisht et al. 2005 and Bisht and Bras, 2010'a dayanarak yapılmıştır. $R_{s\downarrow}$ tahmininde ise direk ışın radyasyonunu (R_b) ve yayılan radyasyonu (R_{as}) kullanılmıştır (Bird and Hulstrom, 1981; Zheng et al'dan, 2016) (Eşitlik 2). $R_{L\uparrow}$, yüzey emissivitesi (ϵ_s) ve yüzey sıcaklığından (T_s) elde edilirken $R_{L\uparrow}$ ayrıca hava emissivitesi (ϵ_a) ve yüzey hava sıcaklığına (T_a) bağlıdır (Eşitlik 3 ve 4). σ Stefan-Boltzmann katsayısıdır ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$).

$$R_s = (R_b + R_{as}) / (1 - \alpha_a \alpha) \quad (2)$$

$$R_{L\uparrow} = \epsilon_s \sigma T_s^4 \quad R_{L\downarrow} = \epsilon_a \sigma T_a^4 \quad (3,4)$$

R_{as} , atmosferik saçılan radyasyon, α_a atmosferik albedo, G_{sc} solar katsayı, τ_b ışın radyasyon iletimi ve θ solar zenith açısıdır. Yeni yaklaşımda soğuk piksel seçimi aynı zamanda düşük T_s , yüksek NDVI, düşük albedoya bağlı olurken, sıcak piksel seçimi yüksek T_s , düşük NDVI ve yüksek albedoya bağlı olarak seçilmiştir. Günlük ET hesabında ise Eşitlik 5 kullanılmıştır.

$$ET_{24} = ET_r F \times ET_0 \quad (5)$$

ET₀, referans bitki su tüketimi, ET_{rF} ise referans ET fraksiyonudur. Yeni SEBAL yaklaşımından elde edilen H, ET değerlerinin, gözlemlenen değerlerle örtüştüğü görülmüştür. Yeni SEBAL yaklaşımından elde edilen ET değerlerinin, orijinal SEBAL yaklaşımından elde edilen ET değerlerine göre, eddy kovaryans ölçümlerine daha yakın olduğu belirlenmiştir. Ayrıca günlük ET'yi bulmak için EF (buharlaşma fraksiyonu) ile mevcut enerjinin çarpımının kullanılabilceğini görülmüştür (Jackson et al., 1983; Brutsaert and Sugita, 1992; Verma et al. 1992; Crago, 1996; Zheng et al'dan, 2016).

Çin'deki Shule nehir havzasında bitki su tüketimini belirlemek için yapılan bir çalışmada, SEBAL modeli ile Landsat 5 TM verileri kullanılmıştır. Suli istasyonlarındaki gözlemlere dayalı olarak toprak ısı akısı ve yüzey sıcaklığı algoritmaları modifiye edilmiştir. Çalışma alanında, ocak ayının en düşük hava sıcaklığı -17.5°C, temmuz ayının en yüksek hava sıcaklığı 7.5°C ve yıllık yağış 388.2 mm olup bunun %90'ı haziran-eylül döneminde gerçekleşmektedir. Çim alanlarındaki arazi çalışmalarına göre G_{soil} formülü geliştirilmiştir (Eşitlik 6)

$$G_{soil} = 0.2345 R_n - 9.2667 \quad (6)$$

Çalışma alanındaki su ve buzullar için G_{soil} = 0.5 R_n, çıplak kayalık ve toprak için G_{soil} = 0.315 R_n olarak belirlenmiştir (Chen et al., 2013; Chang et al'dan, 2016). Yüzey sıcaklığını belirlemede Eşitlik 7, 8, 9 kullanılmıştır.

$$T_s = \frac{[a(1-C-D) + (b(1-C-D) + C + D)T_6 - DT_a]}{C} \quad (7)$$

$$C = \varepsilon\tau \quad D = (1-\tau)[1 + (1-\varepsilon)\tau] \quad (8, 9)$$

Eşitliklerdeki a= -67.355351, b=0.458606, T₆= parlaklık sıcaklığı (K), T_a= ortalama atmosferik sıcaklık, ε=emissivite, τ=iletim 'dir. Ölçülen G_{soil} değerleri 85-177 W/m², orijinal SEBAL'in R²=0.48, RMSE=75.99 W/m², modifiye edilen SEBAL R²=0.72, RMSE=21.28 W/m² olmuştur. R_n değerleri için ise R² değeri 0.93 olarak gerçekleşmiştir. Modifiye edilmiş SEBAL'den elde edilen günlük ET değerleri ile eddy kovaryans değerleri karşılaştırıldığında hata oranı %16.4 olmuştur. Tahmin edilen ortalama ET değerleri 9 Haziran, 25 Haziran ve 27

Temmuz 2010 tarihleri için sırasıyla 3.09, 2.48 ve 1.48 mm/gün'dür. Elde edilen sonuçlar, SEBAL ile buzullardaki bitki su tüketim miktarının belirlenebileceğini göstermiştir (Chang et al., 2016).

Merkez Asya'da bitki su tüketimini belirlemek için yapılan bir çalışmada, SEBAL modeli ile Penman-Monteith yöntemi kullanılmıştır. SEBAL ile bitki su tüketiminin hesaplanmasında anlık buharlaşma fraksiyonu ve net radyasyon kullanılmıştır. Buharlaşma fraksiyonu, yüzey enerji dengesi aracılığıyla uydu görüntüsündeki her bir piksel için hesaplanmıştır.

Çalışma alanındaki, pamuk, karışık bitki deseni, yonca ve pirinç bitkileri için elde edilen bitki su tüketim değerleri Penman-Monteith yöntemine göre sırasıyla 5.7, 3.3, 4.4 ve 6.3 mm/gün olarak, SEBAL modelinden elde edilen bitki su tüketim değerleri ise 4.4, 3, 3.2 ve 5.3 mm/gün olarak bulunmuştur (El-magd and Tanton, 2005).

Hindistan'nın kuzey batısındaki Haryana eyaletinde yaklaşık 1.2 milyon ha'lık Bhakra alanında yapılan bir çalışmada, 21 Kasım 1995-15 Nisan 1996 dönemine ait NOAA uydu görüntüleriyle bitki su tüketimi ve buğday verimine ait mekânsal dağılım belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen veriler, sulanan tarım alanlarındaki performansın anahtar göstergesi olmuştur.

Çalışmada, günlük ET'den, sezonluk ET'yi elde etmek için ET/ET_0 oranı bulunmuştur. Bu oran belirli bir ay için sabit kabul edilmiş, bu oranlardan aylık ET'ler hesaplanmıştır. Hisar bölgesinde sezonluk $ET=374$ mm, Ambala'da $ET=450$ mm, Sirsa Circle'da ise $ET=180-410$ mm arasında değişmiştir. Ayrıca en yüksek tahıl verimi, en yüksek ET gerçekleştiğinde olmuştur. Her bir birim ET'deki bitki veriminin mekânsal dağılımı ($CV=0.10$), arazideki verimin dağılımından daha az ($CV=0.17$) olduğu görülmüştür. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, azalan uydu ücretleri, problemlerin teşhisi ve çözümünde önemli bir araç olmuştur. (Bastiaanssen et al., 1999).

New Delhi'de 2011 yılında yarı tropik ve yarı kurak iklim şartlarına sahip bir alanda yapılan bir çalışmada, bitki su tüketimini belirlemek için SEBAL

modeli ile Landsat 7 ETM+ uydu verileri kullanılmıştır. Çalışma alanında, ortalama maksimum sıcaklık 48.4 °C, kışları minimum sıcaklık 2.2 °C ve yıllık ortalama yağış 769.3 mm'dir. Landsat 7-ETM+ uydusuna ait 23 Aralık 2010, 8 Ocak 2011, 24 Ocak 2011, 9 Şubat 2011, 25 Şubat 2011, 29 Mart 2011 ve 14 Nisan 2011 tarihli uydu görüntüleriyle ET tahmin edilmiş, validasyonunu ise lizimetre verileri ile yapılmıştır. Bitki su tüketimini hesaplamak için buharlaşma fraksiyonu (EF) kullanmıştır (Eşitlik 10, 11).

$$EF = \frac{R_n - G - H}{R_n - G} \quad (10)$$

$$\lambda ET_{24} = EF(R_{24} - G) = \frac{8.64 \times 10^7 \times EF \times R_{n24}}{\lambda \rho_w} \quad (11)$$

Eşitlikte, $\lambda=2.47 \times 10^6$ J/kg ve $\rho=1000$ kg/m³ (Buharlaşma ısısı)'dür. Çalışmadaki, ET₂₄ değerlerinin zamansal değişimi incelendiğinde en yüksek ET'nin bitki gelişiminin daha yüksek olduğu, en düşük ET değerlerinin ise bitki gelişiminin daha düşük olduğu dönemlerde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2.3). Bu değerlerin yüksek olmasının nedenlerinden birinin ise tahıl üretiminde daha çok enerjiye gereksinim duyulmasındandır. Elde edilen sonuçlara göre, lizimetre ile SEBAL'den elde edilen ET değerleri karşılaştırıldığında sonuçların iyi bir doğruluk derecesiyle elde edildiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, uzaktan algılamaya dayalı olarak SEBAL ile ET değerlerinin belirlenmesi, araziye dayalı ET gözlemlerinin olmadığı durumlarda kullanılabilir faydalı bir yöntem olmuştur (Bala et al., 2015)

Çizelge 2.3 SEBAL ve lizimetre ile belirlenen ET değerleri.

	23 Aralık 2010	8 Ocak 2011	24 Ocak 2011	9 Şubat 2011	25 Şubat 2011	29 Mart 2011	14 Nisan 2011
ET _{lizimetre}	0.48	1.47	2.67	3.33	3.51	3.75	0.54
ET _{SEBAL}	0.44	1.28	1.90	3.15	2.95	3.54	0.52

Doğu Kolorado'daki Rocky Ford'a yakın yonca alanlarında 2010-2012 yıllarında yapılan bir çalışmada, Landsat 7 ETM uydu görüntüleri kullanılarak, SEBAL ve METRIC modelleri aracılığıyla bitki su tüketimleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, SEBAL ile tahmin edilen ET değerleri, lizimetreden elde edilen değerlerle karşılaştırıldığında hata oranı %5-46 arasında olurken ortalama değeri %29 olmuştur (Çizelge 2.4). METRIC sonuçlarına göre ise hata oranı %5-25 arasında olurken, ortalama hata %15 olmuştur. Çalışmada elde edilen bitki su tüketim değerleri, SEBAL'de METRIC'e göre daha düşük olmuştur (Mkhwanazi and Chavez, 2013).

Çizelge 2.4 SEBAL ve METRIC ile tahmin edilen ET_a değerleri.

Tarih	SEBAL (mm/gün)	METRIC (mm/gün)
10 Temmuz 2010	7.3 (-44.1)	11.0 (-16.4)
2 Ağustos 2010	7.1 (-8.2)	6.9 (-11.1)
18 Ağustos 2010	6.5 (-16.1)	7.3 (-5.1)
19 Eylül 2010	4.6 (-40.5)	6.7 (-13.4)
5 Ekim 2010	3.6 (-45.5)	5.1 (-21.7)
4 Temmuz 2011	7.5 (-32.8)	9.6 (-14.4)
5 Ağustos 2011	7.4 (-5.7)	6.9 (-12.0)
21 Ağustos 2011	6.3 (-24.9)	7.2 (-14.3)
20 Haziran 2012	7.7 (-42.4)	10.0 (-25.0)

Not: Parantez içindeki değerler modellerin hata oranıdır

Teksas'da, bitki su tüketimini belirlemek için yapılan bir çalışmada, 26 Haziran 2008, 28 Temmuz 2008 ve 29 Ağustos 2008 tarihlerine ait Landsat 5 TM uydu görüntüleri kullanılmıştır. SEBAL ile belirlenen bitki su tüketimi, sıcaklık ve yüzey akı değerleriyle lizimetrelerden elde edilen değerler karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, gözlemlenen sıcaklık (T_s) değeri 34.1°C , tahmin edilen T_s , ise 31.1°C olmuştur. Gözlemlenen ve tahmin edilen R_n arasındaki R^2 değeri ise 0.74 olarak bulunmuştur. Çalışmada, dört tane lizimetreden elde edilen G

değerlerinin ortalaması 23.62 W/m^2 olarak belirlenirken tahmin edilen $G=72.62 \text{ W/m}^2$ olarak belirlenmiştir. Sonuçlara göre, SEBAL ile tahmin edilen bitki su tüketimi değerlerinin, lizimetrelerden elde edilen değerlerin %83'üyle örtüştüğü bulunmuştur (Gowda et al., 2011).

Pakistan'da 4 farklı bölgede yapılan bir çalışmada, SEBAL ve arazi çalışmalarından elde edilen ET değerleri karşılaştırılmıştır. Bitki su tüketimi değerleri, SEBAL ile Faisalabad'da 2.75 mm/gün , Jhang'da 2.58 mm/gün , Mandi Bahauddin'de 2.85 mm/gün ve Sargodha'da 2.65 mm/gün olarak bulunmuştur. Arazi gözlemleriyle bu değerler arasındaki doğruluk oranı ise %83-95.5 arasında olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, SEBAL bu bölgelerde ET'yi doğru olarak belirlemiştir (Sultan and Ahmad 2008).

Bitki su tüketimini belirlemek için yapılan bir çalışmada, SEBAL modeli kullanılmıştır. Bitki su tüketimini tahmin etmek için önemli parametrelerden biri olan buharlaşma fraksiyonu MODIS uydu görüntüsü kullanılarak belirlenmiştir. Sezonluk ET değerleri 2000-2010 yılları arasında $577-637 \text{ mm}$ olarak değişmiştir. Bu değerler bölgedeki toplam ET'nin % 62'si olmuştur. Gelişme sezonunda günlük ET (Nisan-Ekim) $2.72-2.98 \text{ mm/gün}$ arasında değişmiştir. Çalışmada, arazi ölçeğinde yapılan ölçümlerle, bölgesel ölçekteki su dengesi modeli ile SEBAL değerleri karşılaştırılmıştır. Bitki su tüketimi, arazi ölçeğinde yapılan 5-7 günlük çalışmalarda %14.6, bölgesel olarak yapılan yıllık çalışmalarda ise %5.6 hata oranı ile belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kumlu alanlardaki ve Gobi çölündeki ET farklılığının yıllık yağıştaki farklılıktan olduğu belirlenmiştir (Dai et al., 2011).

Bala et al. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, bitki su tüketimini belirlemek için, SEBAL modeli ile Landsat 7 ETM uydu görüntüleri kullanılmıştır. Elde edilen değerler, lizimetreden elde edilen değerler ile karşılaştırılmış, bu değerlerin lizimetre değerleriyle büyük oranda örtüştüğü belirlenmiştir. SEBAL ile tahmin edilen ET değerleri ile lizimetreden elde edilen ET değerleri arasındaki ilişki 0.19 mm/gün (R-RMSE) (Hata kareler ortalamasının karekökü), 0.21 (NRMSE) (Normalize edilmiş hata kareler ortalamasının kareköküdür) ve $R^2=0.91$ olmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre,

SEBAL bitki su tüketimini belirlemede etkili bir yöntemdir. Bitki su tüketimi değerlerinin, zamansal dağılımı incelendiğinde ise, bitki gelişmesinin fazla olduğu dönemlerde ET değerlerinin en yüksek olduğu, gelişmenin düşük olduğu dönemlerde ise ET değerlerinin daha düşük olduğu gözlenmiştir.

EFEDA (İspanya), HAPEX-Sahel (Nijer) ve HEIFE (Çin)'de yapılan çalışmalarda, uzaktan algılama kullanılarak, SEBAL modeli ile yüzey akı değerleri elde edilmiş ve geniş ölçekli olarak yapılan arazi çalışmalarından elde edilen yüzey akı değerleri ile birlikte değerlendirilmiştir. Arazi çalışmalarından elde edilen yüzey akı oranları, SEBAL'e dayalı olarak belirlenen yüzey akı oranlarıyla karşılaştırıldığında, aradaki farklılığın hata sınırları içerisinde kaldığı belirlenmiştir. EFEDA çalışması için buharlaşma fraksiyonlarındaki (EF) farklılığın göz ardı edilebilir olduğu bulunmuştur. Nijer'deki Sahelian rekreasyon alanları için ise gözlemlenen farklılık oranı %15 daha fazla olmuştur. HEIFE için yapılan çalışmada ise SEBAL tahminleri ile arazi ölçümlerinde belirlenen yüzey akıları arasındaki ortalama fark 23 W/m^2 olarak belirlenmiştir (Bastiaanssen et al., 1998).

Yemen'deki Sana havzasında 1995, 1996 ve 1998 yıllarında bitki su tüketimini tahmin etmek için yapılan bir çalışmada, SEBAL modeli aracılığıyla Landsat TM ve NOAA-AVHRR uydu verileri kullanılmıştır. Çalışmada, bitki su tüketimini belirlemek için buharlaşma fraksiyonu (EF) ile günlük ortalama net radyasyondan yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, bitki su tüketiminin vejetasyon yoğunluğunun yüksek olduğu yerlerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Günlük bitki su tüketiminin değerleri NOAA-AVHRR uydu görüntülerinde 0.6-16.8 mm/gün Landsat 5 TM uydu görüntülerinde ise 0.02-9.32 mm/gün arasında değişmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen değerler, SEBAL'in bağ alanlarında günlük bitki su tüketimini belirlediğini göstermiştir (Almhab and Busu, 2008).

SEBAL ile ilgili yapılan validasyon çalışmaları ise, 1 ha alandaki hata oranının %10-20 arasında değiştiğini ayrıca çalışma alanı büyüdükçe hata oranının azaldığını göstermiştir. Çalışmalardan elde edilen değerlere göre, 1000 ha'lık alan için hata oranının %5'e kadar düştüğü, 1000000 ha'lık tarım

alanlarında ise hata oranının yok denecek kadar az olduğu belirlenmiştir. Çalışmada, SEBAL ile bitki su tüketimi, çok sayıda farklı ürünün yetişmesine ve sınırlı arazi bilgisine sahip olunmasına rağmen doğru bir şekilde belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, uzaktan algılama, sulama yönetiminde etkili bir yöntem olmuştur (Bastiaanssen et al., 2000)

Portekiz Roxo'da yarı-kurak iklim bölgesinde 2003 yılında yapılan bir çalışmada, coğrafi bilgi sistemi ve uzaktan algılama tekniği kullanılarak havza su bütçesi eşitliği ve SEBAL modeli ile bitki su tüketimleri belirlenmiştir. Bitki su tüketimini belirlemek için Landsat ve MODIS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Çalışma alanı, okaliptüs, buğday, mısır, pirinç, şeker pancarı kavun ve su alanları olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmada, 25 Mayıs 2003, 4 Temmuz 2003, 21 Ağustos 2003, 8 Ekim 2003 tarihlerine ait Landsat ve 25 Mayıs 2003, 3 Temmuz 2003, 20 Ağustos 2003, 7 Ekim 2003 MODIS uydu görüntüleri kullanılmıştır. Landsat uydu görüntülerinden elde edilen maksimum bitki su tüketim değerleri sırasıyla 4.9, 4.2, 4.7 ve 2.9 mm/gün, MODIS uydu görüntülerinden elde edilen değerler ise 3.5, 4.1, 2.7 ve 1.4 mm/gün olarak bulunmuştur (Mekonnen, 2005).

Hollanda'da Hupselse Beek'te yapılan bir çalışmada, bitki su tüketimi zamansal ve mekânsal olarak SEBAL ve S-SEBI modelleri ile belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen bitki su tüketimi değerleri, arazi gözlemlerinden elde edilen sintilometre değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bitki su tüketimini belirlemek için 14 Şubat 2002, 16 Ağustos 2002, 8 Eylül 2002, 8 Mayıs 2003, 31 Mayıs 2003, 3 Ağustos 2003 ve 15 Nisan 2004 tarihlerine ait ASTER uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bitki su tüketimi değerleri bu tarihlerde sırasıyla SEBAL için 0.06, 3.81, 1.83, 3.55, 3.86, 4.38 ve 3.12 mm/gün, S-SEBI için 0.07, 3.22, 1.54, 3.28, 3.55, 4.1 ve 2.08 mm/gün olarak bulunmuştur. Sintilometreden elde edilen değerler ise 0.98, 4.25, 2.96, 4.16, 5.17, 4.75 ve 3.63 mm/gün olmuştur. SEBAL ile sintilometre arasındaki ilişkinin R^2 değeri 0.9424 olarak bulunurken, S-SEBI ile sintilometre için arasındaki ilişkinin R^2 değeri 0.9295 olarak bulunmuştur. (Weligepolage, 2005).

Vietnam Perfume Nehir Havzasında 1999 yılında yapılan bir çalışmada, STREAM (Spatial Tools For River Basin Environmental Analysis And

Management) hidrolojik modelinin validasyonu için SEBAL modeli kullanılmıştır. STREAM modeliyle, potansiyel bitki su tüketimini belirlemek için Landsat ve NOAA/AVHRR uydu görüntüleri kullanılmıştır. 25 Şubat 1999, 26 Şubat 1999, 6 Mart 1999 ve 7 Mart 1999 tarihlerine ait NOAA/AVHRR uydu görüntülerinden elde edilen potansiyel bitki su tüketim değerleri sırasıyla 3.47, 2.41, 3.39 ve 2.96 mm/gün olarak bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, SEBAL modeli kullanılarak STREAM modeli kalibre edilmiştir (Reduan, 2004).

Brazilya'da 2001-2007 yılları arasında yapılan bir çalışmada, SEBAL modelinin kalibrasyonu arazi çalışmalarıyla yapılmıştır. Bu amaçla 10 Eylül 2001, 4 Ekim 2001, 6 Temmuz 2003, 24 Eylül 2003, 12 Ekim 2004, 14 Kasım 2004, 15 Ekim 2005, 16 Kasım 2005, 30 Temmuz 2006 ve 22 Ocak 2007 tarihlerine ait 10 tane Landsat uydu görüntüsü kullanılmıştır. Akı istasyonlarından sofralık ve şaraplık üzüm, mango, caatinga bitkileri için ölçümler yapılmıştır. Anlık uydu verileri ve arazi ölçümlerinden elde edilen bitki su tüketimleri değerleri karşılaştırılmış aralarındaki ilişkinin R^2 değeri 0.91 olarak bulunmuştur. Yüzey sıcaklığı için $R^2=0.95$, anlık net radyasyon için $R^2=0.94$, anlık toprak ısı akısı için $R^2=0.80$, anlık hissedilebilir ısı akısı için $R^2=0.83$ olarak belirlenmiştir (Teixeira et al., 2009a).

Brezilya San Francisco Nehir havzasında yapılan bir çalışmada, arazi kullanımının, bölgesel bitki su tüketimine etkisi uzaktan algılama ile belirlenmiştir. Çalışmada, arazi çalışması verileri ile SEBAL'in kalibrasyonu yapılmıştır. SEBAL, Landsat uydu görüntülerine uygulanmış ve bölgesel ortalama bitki su tüketimi sulanan bitkiler için 3.6 mm/gün, doğal vejetasyon içinse 1.4 mm/gün olarak bulunmuştur. 2004 yılı mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül ve ekim ayları mango bahçeleri için uzaktan algılama ile elde edilen aylık ortalama bitki su tüketimi değerleri sırasıyla 107.8, 97.8, 113.1, 115.5, 142.0 ve 140.9, arazi değerleri ise 107.3, 97.8, 102.2, 114.7, 141.4 ve 140.3 olarak bulunmuştur. 2005 yılı için uzaktan algılama ile elde edilen aylık ortalama bitki su tüketimi değerleri sırasıyla 92.8, 94.7, 105.0, 110.3, 113.2 ve 111.8, arazi değerleri ise 89.9, 97.7, 105.8, 110.5, 111.3 ve 108.6 olmuştur. Çalışmadan elde edilen

sonuçlara göre, arazi ve uzaktan algılama çalışmalarından elde edilen değerler arasındaki farklılık % 0.5-0.6'dır (Teixeira et al., 2009b).

Meksika Las Cruces'te 2002-2004 yıllarında yapılan bir çalışmada, bitki su tüketimleri, SEBAL'e dayalı RSET modelini ait ASTER görüntülerine uygulayarak tahmin edilmiş ayrıca eddy kovaryans sistemi ile de hesaplanmıştır. 9 Nisan 2004, 23 Nisan 2003, 4 Eylül 2002, 16 Ekim 2003, 18 Mayıs 2003, 7 Eylül 2003, 17 Haziran 2002 tarihlerine ait görüntüler kullanılarak pekanın bitki su tüketimi tahmin edilmiş bu değerler sırasıyla 2.1, 5.1, 5.5, 4.9, 4.7, 7.3 ve 8.3 mm/gün, arazi çalışmalarında gözlemlenen değerler ise 1.8, 4.1, 4.5, 4.6, 5.4, 7.7 ve 8.0 mm/gün olmuştur. 18 Mayıs 2003, 4 Eylül 2002, 17 Haziran 2002 tarihlerine ait tahmin edilen yonca bitki su tüketim değerleri sırasıyla 3.8, 4.4 ve 8.6 mm/gün, gözlemlenen değerler ise 4.0, 4.7 ve 8.8 mm/gün olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, bu modelin bitki su tüketimi tahminlerindeki doğruluk oranı pekan için yaklaşık %87 olurken, yonca için bu oran yaklaşık %95.4 olmuştur. Çalışmadaki doğruluk oranlarının kabul edilebilir sınırlar içerisinde kaldığı belirlenmiştir (Wang et al., 2009).

Droogers and Bastiaanssen (2002) tarafından Gediz havzasında Menemen Sol Sahil sulama alanında yapılan bir çalışmada, bitki su tüketimini belirlemek için 26 Haziran ve 29 Ağustos 1998 tarihlerine ait Landsat uydu görüntüleri kullanılmıştır. Ayrıca SWAP (Soil-water-atmosphere-plant) hidrolojik modeli ile bitki su tüketimi belirlenmiştir. Çalışma alanı toplam 16500 ha olup yetiştiriciliği yapılan başlıca ürünler pamuk (%70), bağ (%24) ve diğerleridir (meyve bahçesi, buğday, mısır ve sebze) (%6). Yaprak alanı indeksi (YAI), spektrumun kırmızı ve kızılötesi kısmı kullanılarak hesaplanmıştır. YAI hesaplamak için gerekli olan SAVI ise Landsat uydu görüntülerine ait 3. ve 4.bantlar kullanılarak belirlenmiştir. SEBAL ile ET, 26 Haziran 1998 tarihine ait görüntüde bağ 2.8 mm/gün olarak bulunurken, 29 Ağustos 1998 için 3.6 mm/gün olarak bulunmuştur. Pamuk için ise sırasıyla 2.2 mm/gün ve 3.9 mm/gün olarak belirlenmiştir. SWAP modelinde ise, 26 Haziran'da ET yaklaşık 2.7 mm/gün, 29 Ağustos 1998'de ise ET yaklaşık 3.6 mm/gün olarak bulunmuştur. Çalışmada, SEBAL ile SWAP'dan elde edilen ET değerleri arasındaki farklılık, ekim tarihleri ve sulama uygulamasının dağılımı ile minimize edilmiştir. Elde edilen değerlere

göre, iki uydu görüntüsü arasındaki ET farklılığı çok fazla olmamıştır bunun nedeni ise solar radyasyonun haziran ayında yüksek, toprak su profilinin düşük olmasıdır. Gelişme sezonu için bağın potansiyel bitki su tüketimi (ET_c) 624 mm, pamuğun ise ET_c 'si 527 mm olmuştur. Çalışma alanı, sulama suyu gereksiniminin sağlanması açısından irdelendiğinde bağ, pamuğa göre daha az strese girmiştir. T_a/T_p oranları ($T=Terleme$) pamuk için 0.8, bağ için ise 0.95 olmuştur. Çalışma sonucunda, Landsat TM yüksek çözünürlüklü (30m) uydu görüntülerinin bitki desenini sınıflandırmak, YAI ve ET'i hesaplamak için kullanılabileceği belirlenmiştir.

Doğu İspanya Valencia'da 2008-2010 yıllarında 400 ha'lık alanda yapılan bir çalışmada, damla sulama sistemi ile sulanan narenciye'nin gelişme dönemine ait enerji akıları eddy kovaryans sistemi ve SEBAL modeli ile tahmin edilmiştir. Çalışmada, Landsat 5 TM uydu görüntüleri kullanılmış, SEBAL ile belirlenen anlık akı değerleri, arazide ölçülen akı değerleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, SEBAL, net radyasyon tahmininde iyi sonuçlar verirken, toprak ısı akısında çok başarılı sonuçlar vermemiştir. Gizli ısı akısının ölçülen ve tahmin edilen değerlerinin rRMSE (Nispi kareler ortalama hatası)'si 0.06'dır. Günlük ET tahminleri için rRMSE değeri 0.09 iken, 15 günlük ET tahminleri için rRMSE değeri 0.19 olmuştur. 2008 yılı gelişme dönemi için eddy kovaryans ile hesaplanan ET değeri 383.2 mm, 2009 yılı için 682.0 mm ve 2010 yılı için ise 524.5 mm olarak belirlenmiştir. SEBAL ve eddy kovaryans ile belirlenen ET ve enerji akıları değerleri detaylı olarak Çizelge 2.5'de verilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, SEBAL ET'yi doğru olarak tahmin etmiştir (Jimenez-Bello et al., 2015).

Çizelge 2.5 SEBAL ile eddy kovaryans değerlerinin karşılaştırılması.

	Rn_{EC}	Rn_{SEBAL}	G_{EC}	G_{SEBAL}	H_{EC}	H_{SEBAL}	LE_{EC}	LE_{SEBAL}	ET_{EC}	ET_0
19 Haziran 2008	544	575	72.8	65.0	313	333	158	176	2.83	5.36
15 Ağustos 2008	519	608	33.5	67.9	240	247	245	293	3.48	6.2
7 Temmuz 2009	604	574	73.3	103.0	315	292	215	179	3.39	7.39
3 Eylül 2009	514	510	42.5	87.8	253	210	219	220	3.37	5.93
10 Ekim 2009	411	445	32.2	48.7	145	148	233	249	2.37	2.69
12 Ekim 2009	382	475	23.3	48.4	137	187	222	240	2.07	2.62
24 Mayıs 2010	616	600	58.5	75.7	353	329	204	195	3.03	5.27
11 Temmuz 2010	620	595	49.2	92.0	334	293	236	209	3.02	5.73
27 Kasım 2010	613	610	19.1	77.1	331	301	263	229	3.44	5.68
13 Eylül 2010	502	499	45.6	56.5	257	246	201	198	2.55	4.12

Not: EC, eddy kovaryans değerleri.

Gediz havzasında 1998 yılı Nisan-Ekim döneminde pamuk alanlarında ve havzanın tamamında yapılan bir çalışmada, bitki su tüketimi, uydu verileri, hidrolojik modeller ve araziden elde edilen verilerle belirlenmiştir (Çizelge 2.6). Çeşitli metodlarla belirlenen ET değerlerini 26 Haziran 1998 tarihinde pamuk için 1.5-6.4 mm/gün olarak, havzanın tamamı için ise 2.8-5.6 mm/gün olarak bulunmuştur. 29 Ağustos 1998 tarihinde ise pamuk için ET değerleri 2.6-6.4 mm/gün olarak, havzanın tamamı için ise 2.7-5.6 mm/gün olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, 1998 yılı gelişme sezonunda (Nisan-Ekim) pamuk için ET değerleri 604-620 mm, havzanın tamamı için ise 750-830 mm olarak bulunmuştur (Kite and Droogers, 2000).

Çizelge 2.6 Çeşitli metodlarla belirlenen bitki su tüketiminin pamuk ve vadinin tamamı için karşılaştırılması.

Yöntem	26 Haziran 1998		29 Ağustos 1998	
	Pamuk	Vadi	Pamuk	Vadi
FAO-24	5.1		5.5	
FAO-56	3.1	4.9	5.3	4.3
Sintilometre	3.9	3.4	3.9	3.5
SWAP	1.8	5.0	4.9	3.3
SLURP	1.5	2.8	4.9	5.1
NOAA	3.7	4.5	2.6	2.7
Landsat	3.6	3.6	3.5	3.8
Biyofiziksel	6.4	5.6	6.4	5.6
SEBAL	2.4	3.1	3.1	3.4

Iowa'da SMACEX alanında yapılan bir çalışmada, eddy kovaryans sisteminden yapılan ET ölçümleri ile SEBAL modelinden tahmin edilen ET değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada, SEBAL ile tahmin edilen ET değerleri ortalama %15 hata ile bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, H'nin SEBAL'de daha yüksek oranda hata ile belirlendiği ve eddy kovaryans değerlerine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (French et al., 2005).

Yapılan bir çalışmada, SEBAL ile belirlenen ET değerleri, arazi çalışmalarından elde edilen ET değerleri ile karşılaştırılmış, günlük ET değerlerinin %85 doğruluk oranı ile belirlendiği görülmüştür. Çalışmadan elde edilen sonuçların doğruluk oranının, farklı görüntüler kullanılarak artırılmasının mümkün olduğu belirlenmiştir (Bastiaanssen et al., 2005) Yapılan başka bir çalışmada, SEBAL'in doğruluk derecesi, günlük bitki su tüketimi hesabında %85'leri, mevsimlik bitki su tüketimi hesabında ise %95'leri bulmuştur (Gowda et al., 2008).

Bitki su tüketiminin, arazi, proje ve havza bazında belirlenmesinde SEBAL modeli yaygın olarak kullanılmaktadır. (Bastiaanssen et al., 1998; Bastiaanssen'den, 2000). SEBAL, İspanya, İtalya, Türkiye, Pakistan, Hindistan, Sri Lanka, Mısır, Nijer ve Çin'deki pek çalışmada uygulanmış, bu çalışmalar günlük bitki su tüketiminin bu bölgelerde doğru olarak tahmin edilebileceğini

göstermiştir (Bastiaanssen et al., 1998a, b; Bastiaanssen ve Bos, 1999; Bastiaanssen, 1995, 2000; Reduan'dan, 2004).

SEBAL, net radyasyonu, gizli ısı akısını, hissedilebilir ısı akısını ve toprak ısı akısının zamansal dağılımını birkaç metre ile birkaç kilometre arasında çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinde belirleyebilir. Akıları belirlemede kullanılan eşitlikler, farklı bölge ve görüntü alınma tarihlerine bağlı olarak modifiye edilebilir (Bastiaanssen et al., 1998).

2.4. Potansiyel Bitki Su Tüketimi (ET_c) ve Nispi Bitki Su Tüketimi (RET)

Yapılan çalışmalara göre, su yöneticileri ve kullanıcıları bitki su tüketiminin doğru olarak tahmin edilmesine ihtiyaç duymaktadır. Günümüzde bitki su tüketimini belirlemede, FAO tarafından önerilmiş olan Penman-Monteith yöntemi, dünyanın birçok yerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemin esası, ET_0 ve K_c 'yi kullanarak ET_c 'yi tahmin etmeye dayanmaktadır (Allen et al., 1998; Courault et al'dan, 2003). Tarımsal alanlardaki ET_c , iklim verileriyle belirlenen ET_0 (ASCE-EWRI, 2005) ile bitki tipine ve bitki gelişim aşamalarına göre belirlenen bitki katsayıları (K_c) çarpılarak tahmin edilmektedir (Allen et al., 2011).

Bitki verimi ve su temini arasındaki ilişki, su gereksinimi ve bitki su açığıyla birlikte tanımlanmaktadır. Bitki su açığı, ET_a 'nın ET_c ile olan ilişkisiyle belirlenebilir. Bitki su gereksiniminin tamamı karşılandığında $ET_a=ET_c$, su temini yetersiz olduğunda ise $ET_a<ET_c$ olmaktadır. Su azlığı, bitki türlerine ve bitki gelişim dönemlerine bağlı olarak bitki gelişimini ve verimdeki farklılığı etkilemektedir. Verim üzerine, bitki su stresinin etkisi, RET değerlerinin hesaplanması yoluyla azaltılabilir, yani analiz sonuçlarına göre farklı su temini durumunda gerçek verim ile maksimum verim arasındaki ilişki biliniyorsa, verim kayıplarını tanımlamak mümkün olmaktadır (Johl, 1979).

Özbekistan'ın Khorezm bölgesinde 2007 yılında yapılan bir çalışmada, ET_a değerleri MODIS uydu görüntüsü kullanılarak SEBAL ile ET_c değerleri ise

Penman-Monteith eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır (Allen et al, 1996; Awan et al'dan, 2011). 2007 yılı nisan, mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül ayları için ET_a değerleri sırasıyla 35, 118, 191, 104, 124 ve 89 mm olurken, ET_c değerleri 85, 138, 175, 164, 140 ve 124 mm olmuştur. Çalışmada, RET performans göstergesi değerleri, sulama yönetimi ile ilgili yapılacak olan planlamalardaki öneriler için hesaplanmıştır. RET, su temininin yeterliliğini değerlendirmek için kullanılan performans göstergelerinden birisidir (Perry, 1996; Awan et al'dan, 2011). Çalışmada, sulama sezonu için ortalama RET değeri 0.82 olmuştur. Elde edilen değerlere göre, RET değerleri nisan ve temmuz hariç bütün aylarda 0.8'in üzerinde gerçekleşmiştir. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, RET değerleri 0.75-1 arasında olmuş, arazi ölçeğinde yeterli su temini göstermiştir (Awan et al., 2011).

Kaliforniya'da Parleria'da 1996 yılının yaz döneminde yapılan bir çalışmada, tartılı lizimetre kullanarak şeftali alanlarındaki ET_a belirlenmiştir. Mevcut toprak nem içeriğini belirlemek için ise sensör ve nötronmetre kullanılmıştır. Bitkinin ihtiyacı olan su maksimum bitki su tüketimi (ET_{mak}) olarak tanımlanmıştır. RET değerini bulmak için ET_a/ET_{mak} oranı kullanılmıştır. 1 Temmuzdan 9 Temmuz kadar lizimetredeki bitkiye, ihtiyacı kadar sulama suyu uygulanmıştır. K_c , ET/ET_0 oranından bulunmuş ve ortalama 0.826 olarak belirlenmiştir. Kısıtlı su uygulamasında ise K_c 0.826 olarak alınırken, su kısıtı olmadığına 1.0 olarak alınmıştır. ET_{mak} değeri 5-6 mm/gün arasında değişmekte olup, sadece bulutlu günlerde 2.95 mm/gün ve 3.90 mm/gün olmuştur. Çalışmada, RET değerleri birkaç gün için 1.0'e yakın değerlerde olurken, kalan günlerde çoğunlukla 0.9 civarı olmuştur (Girona et al., 2002).

Aşağı Gediz havzasındaki Salihli sol ve sağ sahil sulama kanalı, Ahmetli, Gökkaya, Turgutlu, Mesir, Sarıkız, Gediz, Menemen sağ ve sol sahil sulama kanallarında 2004 yılı sulama sezonunda yapılan bir çalışmada, sulama sistemlerinin performansları değerlendirilmiştir. Yetiştiriciliği yapılan temel ürünlerin üzüm ve pamuk olduğu çalışma alanlarında, NOAA uydu görüntülerinden 16 tanesi kullanılarak AHAS 1.3 ve ILWIS 3.2 yazılımları aracılığıyla SEBAL modeli ile ET_a tahmin edilmiştir. Mayıs ayı için ET_a değerleri 39-67.7 mm/ay, haziran için 76.4-113.2 mm/ay, temmuz için 96.2-127.9 mm/ay,

ağustos için 97.4-130.4 mm/ay ve eylül ayı için ise 81.1-101.0 mm/ay olarak tahmin edilmiştir. ET_c değerleri mayıs için 94.8-128.3 mm/ay, haziran için 118.5-158.0 mm/ay, temmuz için 155.4-185.0 mm/ay, ağustos için 120.9-149.2 mm/ay ve eylül ayı için ise 108.1-125.2 mm/ay olarak bulunmuştur. Çalışmada, bitki su tüketim değerlerini kullanarak RET değerleri ET_a/ET_c oranı ile belirlenmiştir. $RET \geq 0.75$ değerinin kabul edilebilir sınırlar olduğu kabul edilmiştir (Roerink et al., 1997; Karataş et al'dan, 2009). Mayıs ayı için RET değerleri 0.38-0.59, haziran için 0.58-0.76, temmuz için 0.61-0.70, ağustos için 0.74-0.90, eylül için ise 0.69-0.82 arasında olmuştur. RET'in zamansal farklılığı yani CV (Varyasyon Katsayısı) ise 0.13-0.27 arasında olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, RET değeri 0.74 olan Turgutlu ve Mesir sulama alanlarındaki sulamanın zayıf olduğu bulunmuştur (Karataş et al., 2009).

Hindistan'ın Madhya Pradesh bölgesinde yapılan bir çalışmada, RET'in CV değerleri 0.20-0.50 arasında olurken, Punjab bölgesinde bu değerler 0.05-0.30 arasında olmuştur (Sarkar et al., 2008).

Piracicaba-São State Brazilya'da 2004 yılında yapılan bir çalışmada, limon ağaçlarında bitki su tüketimi belirlenmiştir. Çalışma alanında, deneme süresince ortalama sıcaklık 22 °C, nispi nem % 66 ve ET_0 3,9 mm/gün ve ortalama yıllık yağış ise 1257 mm olmuştur. Tartılı lizimetre kullanılarak ET_a , Eşitlik 12 kullanılarak ise ET_c hesaplanmıştır.

$$ET_c = 0,89 * ET_0 \quad (12)$$

Elde edilen sonuçlara göre, ET_a/ET_c oranı sulama yapılmayan dönemin ilk 25 günü boyunca neredeyse sürekli 1 olmuştur. Sulamadan sonra ise deneme sonuna kadar geçen sürede bu değerler yaklaşık 0.50-0.95 arasında olarak belirlenmiştir (Da Silva et al., 2005).

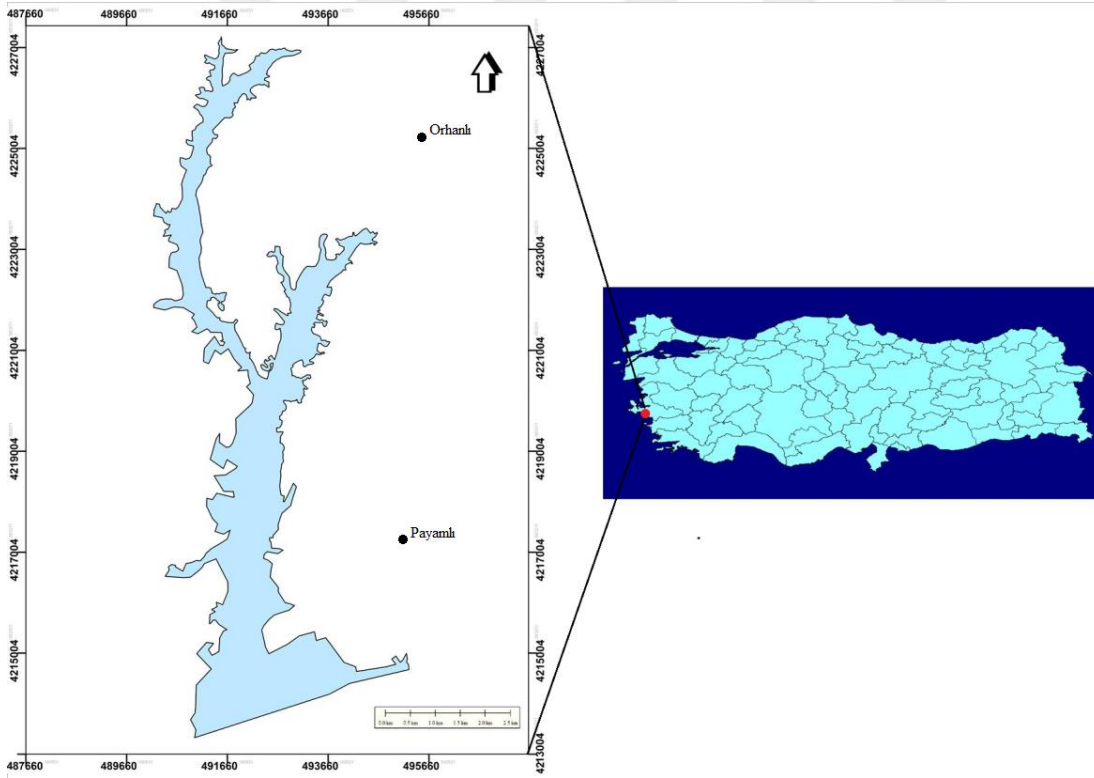
Brezilya Pernambuco'da Nilo Coelho sulama alanında Ağustos 1998-Temmuz 1999 dönemi için yapılan bir çalışmada, meyve ağaçlarının (mango, muz, üzüm, hindistan cevizi) bitki su tüketimleri belirlenmiştir. Çalışma alanında, yağış ölçüm istasyonlarından elde edilen ortalama yağış miktarı 585 mm/yıl

olmuştur. Gerçek bitki su tüketim değerleri 12 tane NOAA uydu görüntüsü kullanılarak SEBAL modeli ile potansiyel bitki su tüketimi değerleri ise Priestley-Taylor eşitliği (Priestley and Taylor, 1972; Bastiaanssen et al'dan, 2001) kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada, performans göstergelerinden biri olan RET, ET_a/ET_c oranı ile hesaplanmıştır. Toplam su temini (yağış+sulama) 165 mm/ay (ocak-nisan), kış döneminde ise 1500 mm/ay (temmuz-ekim) olmuştur. SEBAL ile hesaplanan ET_a 1200 mm/yıl, ET_c ise 1560 mm/yıl olurken RET değeri ise yaklaşık 0.77 olmuştur. Çalışma alanında üzüm için EF değerleri 0.4-0.6 arasında olmuş ve mangodan daha düşük (0.83) bir değer almıştır. 10 haziran 1999-15 kasım 1999 dönemine ait üzüm için ortalama bitki su tüketim değeri 4.2 mm/gün (Silva, 2000; Bastiaanssen et al'dan, 2001), 117 günlük gelişme periyodu için bitki su tüketim değeri ise 503 mm olarak belirlenmiştir (Castro et al., 1999; Bastiaanssen et al'dan., 2001). SEBAL ile arazi ölçümleri arasındaki farklılık %12 olmuştur. Aralık ve ocak aylarındaki RET değeri 1 olurken, RET'in CV'si ise 0.13 olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, sulama performans göstergelerinin değerleri, su kullanıcılarına sulama uygulamalarında karşılaştıkları durumlarda neler yapmaları gerektiği konusunda yol gösterici olmuştur. Ayrıca uzaktan algılamanın katkısı ile bu çalışmalar, bitki gelişim dönemlerine yönelik olarak yapılabilmektedir (Bastiaanssen et al., 2001).

3. MATERYAL

3.1 Araştırma Yerinin Coğrafi Konumu

Çalışma alanı, İzmir ilinin Seferihisar ilçesi sınırları içerisinde yer alan Kavakdere Vadisi sulama alanıdır (Şekil 3.1). Seferihisar ilçesi, doğuda Menderes, kuzeyde Urla ve Güzelbahçe, batıda ve güneyde ise Ege Denizi ile çevrilidir. İlçe, Güzelbahçe'ye 23 km, Urla'ya 30 km, Menderes'e 45 km, Konak'a 45 km ve Çeşme'ye 85 km uzaklıktadır (İzmir İl Özel İdaresi, 2012). İlçe merkezinin deniz seviyesinden yüksekliği 22 m'dir (DMİ, 2015, yazılı görüşme). İlçenin arazileri, batısında Urla yarımadası, güneyi ve kuzeyinde Ege Denizi ile çevrilidir.



Şekil 3.1 Kavakdere Vadisi sulama alanı.

3.2 Araştırma Alanının İklim Özellikleri

Çalışma alanında yazlar sıcak, kışlar ise ılık olmaktadır. Bunun yanı sıra alanda Akdeniz iklimi yaşanmaktadır. Çalışma alanındaki sıcaklığın kış döneminde çok düşük hissedilmemesinin nedeni, alanın denize yakın olmasından kaynaklanan denizin ılıman etkisidir (Altun, 2008; Afacan'dan, 2017).

Çalışma alanına ilişkin bazı iklim verilerinin uzun yıllar (1981-2015) ortalama değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Söz konusu veriler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne ait Seferihisar meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Çizelge 3.1 incelendiğinde en düşük sıcaklığın 1.8 °C (Şubat), en yüksek sıcaklığın ise 35.1 °C (Ağustos)'dir. En yüksek yağış 139.3 mm ile Aralık ayında, en düşük ise 0.4 mm ile Temmuz ayındadır. Yıllık toplam yağış ortalaması 613.1 mm'dir. (DMİ, 2016, yazılı görüşme).

Çizelge 3.1 Seferihisar iklim verilerinin uzun yıllık ortalaması (1981-2015) (DMİ, 2016).

Meteorolojik Parametreler	Rasat S.(Yıl)	AYLAR											
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	35	8.8	9.5	12.0	15.9	20.6	25.1	27.2	26.1	21.6	16.9	12.4	9.9
En Yüksek Sic. Ort. (°C)	35	15.5	16.1	19.1	23.5	27.6	32.6	35.1	35.4	31.3	26.6	20.7	17.4
En Düşük Sic. Ort. (°C)	35	1.2	1.8	3.3	6.9	11.8	15.7	19.3	19.3	15.3	10.5	6.0	3.1
Toplam Yağış Ort. (mm)	30	102.7	87.8	72.2	41.9	19.1	2.7	0.4	0.6	13.7	41.7	91.0	139.3
Ort. Nem (%)	35	73.1	70.2	69.1	67.2	62.4	55.4	52.8	56.1	62.7	68.8	72.3	73.7
Ort. Rüzgar Hızı (m/s)	35	2.4	2.5	2.3	2.2	2.1	2.5	3.0	2.8	2.3	2.1	2.1	2.2

3.3 Araştırma Alanına İlişkin Ürün Deseni ve Sulama Yöntemi

Çalışma alanının yer aldığı Seferihisar’da 89000 da tarım alanı, 194500 da orman ve fundalık, 3580 da çayır mera ve 98000 da diğer alanlar olmak üzere toplam 385080 da alan bulunmaktadır. Tarım alanının 2542 dekarında açıkta sebze yetiştiriciliği, 69416 dekarında ise meyve yetiştiriciliği yapılmaktadır. Meyve yetiştiriciliği yapılan alanın 16524 dekarında sulama yapılırken 52892 dekarında yapılmamaktadır. Tarla bitkileri yetiştiriciliği yapılan toplam alan 3683 da olup bunun 1866 dekarı sulanırken 1817 dekarı ise sulanmamaktadır. Kullanılan sulama yöntemleri damla ya da yağmurlama sulamadır (Şekil 3.2) (Seferihisar İlçe Tarım Müdürlüğü, 2015, sözlü görüşme). Kavakdere Vadisinde yaklaşık 3045 da narenciye, 1603 da bağ, 233 da zeytin ve 96 da diğer (yer bağı, bitkisel varlık..) olmak üzere toplam 4977 da tarım alanı bulunmaktadır.



Şekil 3.2 Kavakdere Vadisi ürün deseni ve damla sulama yöntemine ilişkin bir görüntü (Orig.)

3.4 Araştırma Yerinin Su Kaynakları

Çalışma alanının yer aldığı Seferihisar'da sulama amaçlı olarak inşa edilen Ula mış ve Payamlı Göletleri İl Özel İdaresi tarafından; Seferihisar Barajı, Kavakdere Barajı ve Ürkmez Barajı ise DSİ tarafından yapılmıştır. Bu su kaynaklarının kapladığı toplam alan 333.50 ha olup ilçe yüzölçümünün %0.91'ini oluşturmaktadır (İzmir İl Özel İdaresi, 2012). Çalışma alanında yer alan Kavakdere barajının inşaatı 1994-2002 yılları arasında gerçekteşmiştir (şekil 3.3). Gövde dolgu tipi toprak olup su kotunda göl hacmi 14 hm³'tür (Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2016) .



şekil 3.3 Kavakdere barajından bir görüntü (Orig.)

3.5 Araştırma Yerinin Toprak Özellikleri

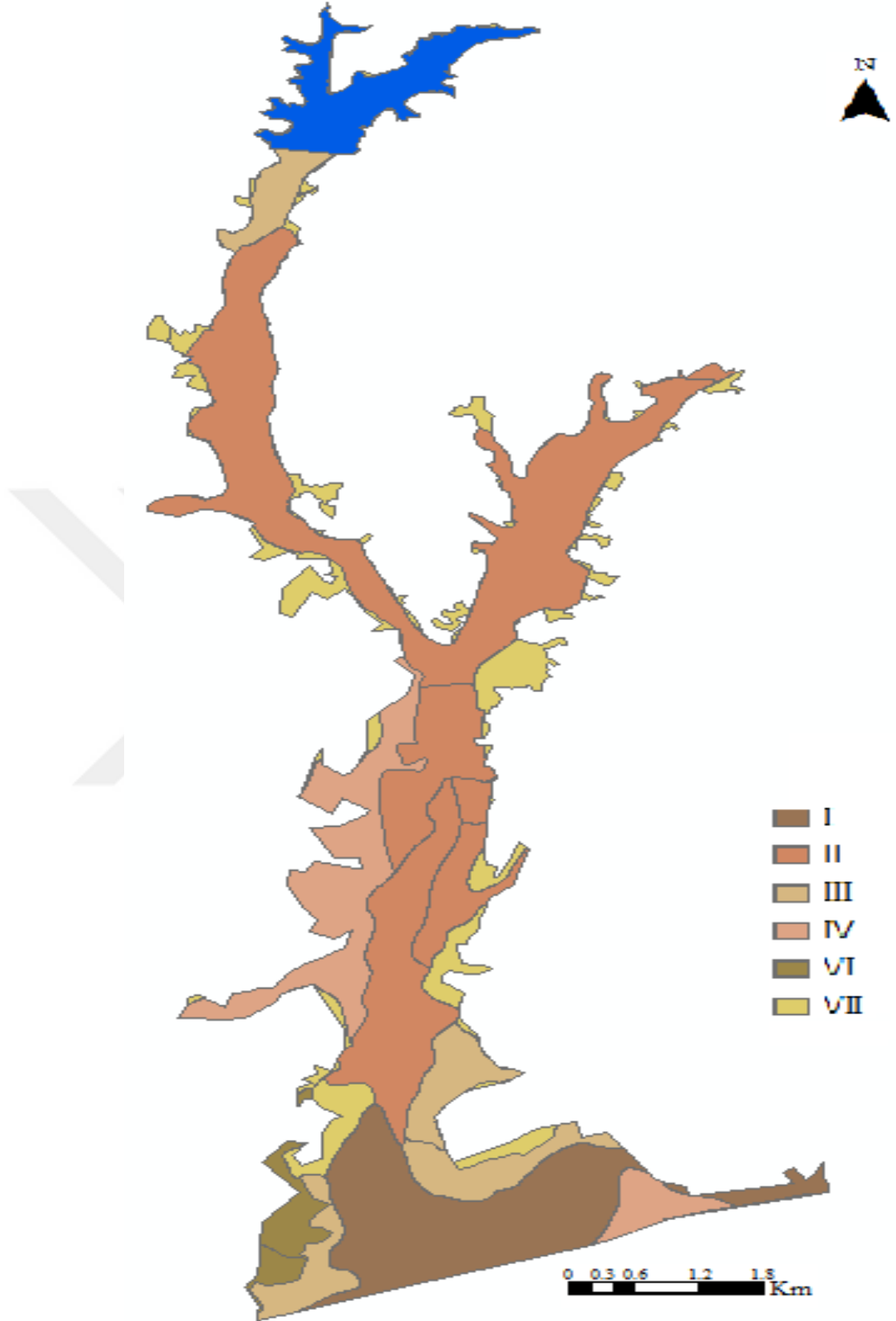
Çalışma alanının yer aldığı Seferihisar ilçesinde iki ana büyük toprak grubu mevcuttur. Bunlar; kireçsiz ana materyale sahip magmatik ve metamorfikler üzerinde oluşan ve %39.76'lık bir alanı kapsayan kireçsiz kahverengi büyük toprak grubu ile kretase yaşlı kireç taşları üzerinde oluşan ve %24.77'lik bir alanı kapsayan kırmızı kahverengi Akdeniz büyük toprak grubudur. Bu iki grup ve diğer gruplar Çizelge 3.2'de verilmiştir (İzmir İl Özel İdaresi, 2012).

Çalışma alanını oluşturan Kavakdere Vadisi içerisinde yer alan büyük toprak grupları Şekil 3.4'de, arazi kullanım kabiliyet (AKK) sınıflaması ise Şekil 3.5'de verilmiştir.

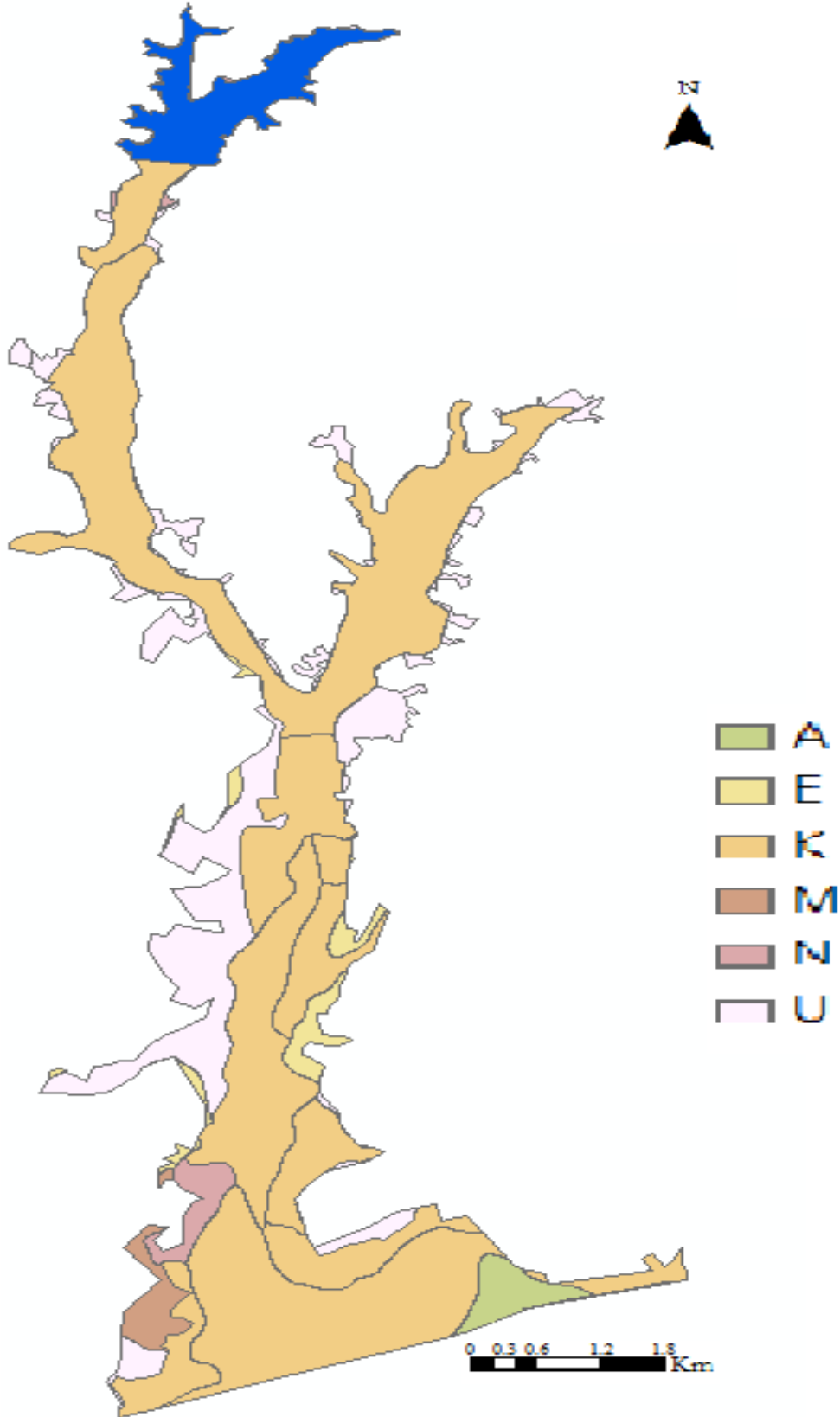
Arazi kullanım kabiliyetine göre yapılan sınıflandırmaya göre, çalışma alanının %17'si alışılmış tarımsal yöntemler uygulanabilen düz veya düze yakın, derin, verimli ve kolay işlenebilen toprakları ihtiva eden I. sınıf arazilerden oluşurken %45'i II. sınıf, %11'i III. sınıf, %12'si IV. sınıf, %3'ü VI. sınıf ve %12'si VII. sınıf arazilerden oluşmaktadır (Şekil 3.5) (İzmir İl Özel İdaresi., 2012). Çalışma alanının %19'u U, %72'si K, %3'ü E, %2'si N, %2'si M ve %2'si A grubu büyük toprak grubundan oluşmaktadır (Şekil 3.6) (İzmir İl Özel İdaresi., 2012).

Çizelge 3.2 Seferihisar İlçesi Büyük Toprak Grupları Alansal Dağılımı.

Büyük Toprak Grupları	Toplam Alan (ha)
A (Alüvyal)	78.2
E (Kırmızı Kahverengi Akdeniz)	5492.5
R (Rendzina)	56.9
K (Kolüvyal)	5046.3
M (Kahverengi Orman)	910.8
N (Kireçsiz Kahverengi Orman)	3539.3
S (Alüvyal Sahil Bataklığı)	9.5
U (Kireçsiz Kahverengi)	20513.10
ÇK (Çıplak Kaya)	27.5
IY (Irmak Yatağı)	72.9
SK (Sahil Kumulu)	35.4
Sınıflandırılmayan Alan	783.4
Toplam	36565.8



Şekil 3.4 Kavakdere Vadisi sulama alanı büyük toprak grubu haritası (Mavi: Baraj gölü).



Şekil 3.5 Kavakdere Vadisi arazi kullanım kabiliyet sınıfı haritası (Mavi: Baraj gölü).

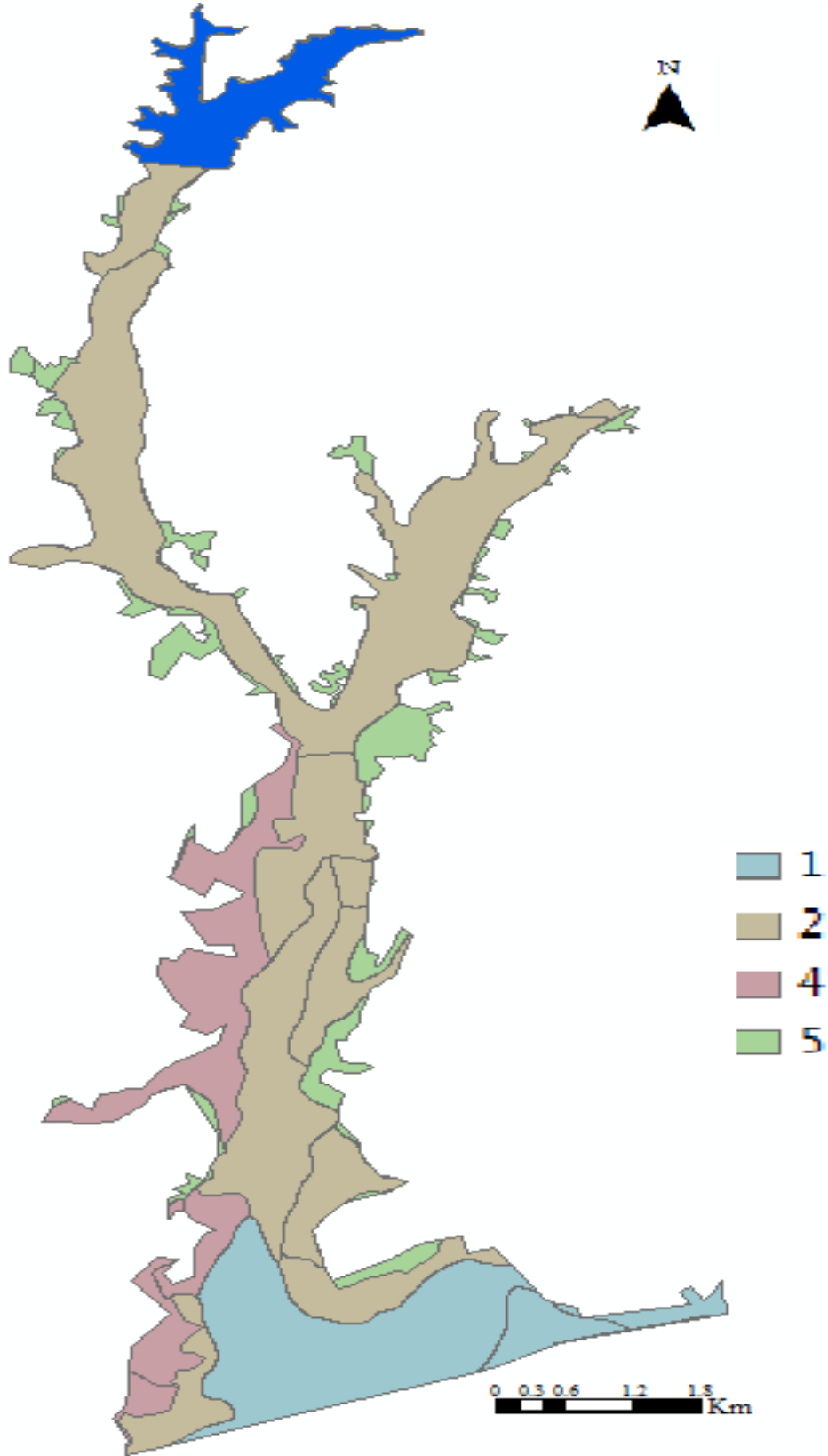
3.6 Araştırma Yerinin Topoğrafik Durumu

Seferihisar ilçesinde yer alan araziler genellikle dik eğimli arazilerden oluşmaktadır. Bunlar içerisinde, “çok dik eğimli” arazi grubu en büyük yüzölçümüne sahiptir (Çizelge 3.3). %20'nin üzerinde eğimi olan araziler, tüm alanın yaklaşık %78'ini oluşturur. Sulu tarım yapmaya uygun düz-düze yakın eğime sahip arazi grubu ise % 9.96'lık bir orana sahiptir (İzmir İl Özel İdaresi, 2012).

Çizelge 3.3 Seferihisar ilçesi arazilerinin eğim gruplarına göre alansal dağılımı.

Toprak Eğimi	Toplam Alan (ha)
1 (Düz-düze yakın, %0-2)	3642.10
2 (Hafif, %2-6)	1774.90
3 (Orta, %6-12)	1650.60
4 (Dik, %12-20)	9514.80
5 (Çok dik, %20-30)	16898.40
6 (Sarp, %30+)	2165.80
ÇK (Çıplak Kaya)	27.50
IY (Irmak Yatağı)	72.90
SK (Sahil Kumulu)	35.40
Sınıflandırılmayan Alan	783.40
Genel Toplam	36565.80

Çalışma alanı olan Kavakdere Vadisi arazilerinin ise %19'u 1., %55'i 2., %15'i 4. ve %11'i 5. sınıf eğim grubunda yer almaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Kavakdere Vadisi eğim haritası.

3.7 Uydu Görüntüleri

Çalışmanın temel veri kaynağını oluşturan uzaktan algılama verileri, LANDSAT 8 OLI-TIRS uydu görüntülerinden temin edilmiştir. LANDSAT 8 OLI-TIRS uydusunun tayfsal çözünürlüğü 0.43-12.51 μ m, radyometrik çözünürlüğü 16 bit, zamansal çözünürlüğü 16 gün, tarama genişliği 183x170 km' dir. LANDSAT 8 OLI-TIRS uydusu 2 tane termal olmak üzere toplam 11 banda sahiptir. Bantlar ve özellikleri Çizelge 3.4' de verilmiştir (USGS, 2015). Çalışmada, LANDSAT 8 OLI-TIRS uydusunun path ve row'u 180-34 ve 181-33 olan çerçeveleri kullanılmıştır.

Çizelge 3.4 Landsat 8 OLI-TIRS bantlarının özellikleri (USGS, 2015).

Bantlar	Dalga Uzunluğu (μ m)	Konumsal Çözünürlük (m)
Bant 1 – Su Bandı	0.43 - 0.45	30
Bant 2 – Mavi	0.45 - 0.51	30
Bant 3 – Yeşil	0.53 - 0.59	30
Bant 4 – Kırmızı	0.64 - 0.67	30
Bant 5 – Yakın Kızılötesi(NIR)	0.85 - 0.88	30
Bant 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
Bant 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Bant 8 – Pankromatik	0.50 - 0.68	15
Bant 9 – Cirrus	1.36 - 1.38	30
Bant 10 - Termal (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100 * (30)
Bant 11 - Termal (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100 * (30)

Çalışmada, 2013 yılı için 10, 2014 yılı için ise 7 adet uydu görüntüsü kullanılmıştır (Çizelge 3.5). Çalışma alanı olan Kavakdere Vadisi (Şekil 3.7), bu görüntülerden kesilerek elde edilmiştir.



Şekil 3.7 Kavakdere Vadisi LANDSAT 8 OLI-TIRS uydu görüntüsü.

Çizelge 3.5 2013 ve 2014 yılına ait Landsat 8 OLI-TIRS görüntü tarihleri.

2013	2014
2 Mayıs	21 Mayıs
18 Mayıs	22 Haziran
27 Mayıs	1 Temmuz
28 Haziran	25 Ağustos
5 Temmuz	10 Eylül
21 Temmuz	19 Eylül
15 Ağustos	21 Ekim
22 Ağustos	
16 Eylül	
25 Ekim	

3.8 Kullanılan Bilgisayar Yazılımları ve GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi)

Bitki su tüketiminin belirlenmesinde kullanılan SEBAL modeline ilişkin algoritmaların uydu görüntülerine uygulanmasında ENVI yazılımı, çalışma alanına ait bitki su tüketimi ve toprak tematik haritalarının üretilmesinde ArcGIS yazılımı kullanılmıştır. Söz konusu yazılımlarla ilgili işlemler, Ege Üniversitesi

Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü bilgisayar laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Ürün deseni sınıflandırmasının arazi gerçekliğinin belirlenmesinde AshTECH Mobile Mapper 100 GPS cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.8) olup cihazın işletim sistemi Marwell PXA 320'dir. Bu GPS cihazı 1.2 m hata sınırları içerisinde koordinatları vermekte olup alıcısı ATMEL Nadia +2'dir (AshTECH Mobile Mapper 100 GPS Katalog, 2015).



Şekil 3.8 AshTECH Mobile Mapper 100 GPS (Orig.).

4. YÖNTEM

4.1 Ürün Desenin Belirlenmesi

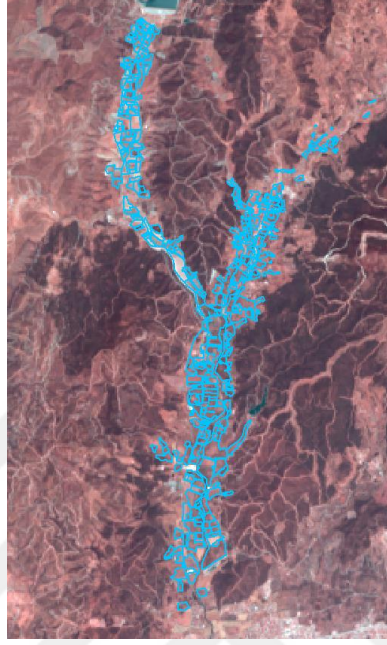
Çalışma alanına ait ürün desenini belirlemek için Seferihisar-Kavakdere Vadisine ait 1/25.000 ölçekli paftalar kullanılarak çalışma alanı sınırlarına ait bir sayısal altlık CBS yazılımı (ArcGIS) aracılığıyla oluşturulmuştur. Çalışma alanının sınırları dünya koordinat sistemine göre (UTM, Datum 50) bilgisayar ortamında vektör veri formatına dönüştürülmüştür. Kavakdere Vadisine ait oluşturulan sayısal altlık, hava orto fotoğrafları ile birlikte CBS ortamında karşılaştırılarak çalışma alanı sınırları detaylandırılmıştır. Uzaktan algılama ile çalışma alanındaki narenciye, bağ ve zeytin alanlarının belirlenmesi için görsel yorumlamaya dayalı olan ekran sayısallaştırması (Screen Digitized) yöntemi hava orto fotolarına uygulanmıştır (Kurucu and Chiristina, 2007) (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Kavakdere Vadisi çalışma alanı ürün deseninin ekran sayısallaştırması ile belirlenmesi.

Ekran sayısallaştırması ile elde edilen dikili alanlar, CBS ortamında LANDSAT uydu görüntüleri ile karşılaştırılarak çalışma alanındaki dikli alanlara ait

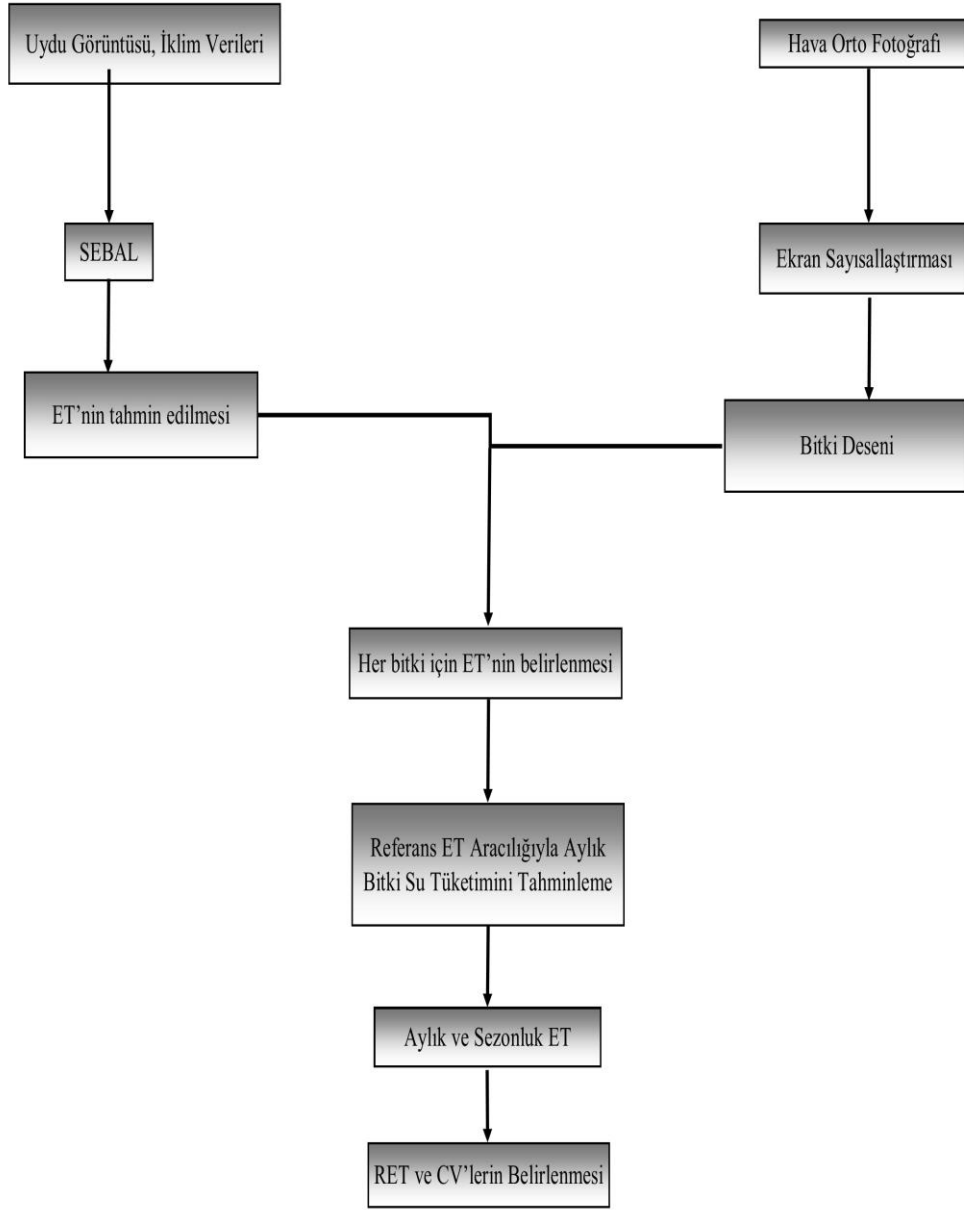
veriler elde edilmiştir (Şekil 4.2). Hava orto fotoğrafları ile belirlenen ürün deseni, arazi yer gerçekliği ile kontrol edilmiştir. Bu amaçla koordinat bilgilerinin alınmasında AshTECH Mobile Mapper 100 GPS cihazı kullanılmıştır.



Şekil 4.2 Kavakdere Vadisi dikili alanlarının LANDSAT 8 OLI-TIRS uydu görüntüsü ile karşılaştırılması.

4.2 Gerçek Bitki Su Tüketiminin Uzaktan Algılama ile Hesaplanması

ET_a hesaplanmasında, dünyada yaygın olarak kullanılan ve doğruluk oranı yüksek olan SEBAL modeli kullanılmıştır. Modelin de uygulanmasıyla elde edilen veriler kullanılarak ürün bazında bitki su tüketiminin belirlenmesine ilişkin aşamalar Şekil 4.3’de özetlenmiştir.



Şekil 4.3 SEBAL ile bitki su tüketiminin belirlenmesi aşamaları.

4.2.1 Referans bitki su tüketiminin hesaplanması

Araştırma alanında yetiştirilen bitkilerin, referans bitki su tüketimleri Penman-Monteith (ASCE-PM) yöntemine göre Eşitlik 13 ile hesaplanmıştır (ASCE-EWRI, 2005):

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{C_n}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + C_d u_2)} \quad (13)$$

Eşitlikte;

Δ : Doygun buhar basıncı-sıcaklık eğrisinin eğimi (kPa/°C), G: Toprak ısı akısı (Mj/m²/gün), γ : Psikrometrik sabite (kPa/°C), R_n : Bitki yüzeyindeki net radyasyon (Mj/m²/gün), T: Sıcaklık (°C), u_2 : 2 m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı (m/s), e_s : Doygun buhar basıncı-sıcaklık eğrisinin eğimi (kpa), e_a : Gerçek buhar basıncı (1,5 ile 2,5m arasında yükseklik için hesaplanmış, kpa), C_n : Referans bitki ve hesaplanan zaman dilimine göre değişen katsayı, C_d : Referans bitki ve hesaplanan zaman dilimine göre değişen katsayısı (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 C_n ve C_d değerleri için hesaplanmış katsayılar (ASCE-EWRI, 2005).

Hesaplanma zamanı	ET ₀ (Çim)		ET _r (Yonca)		Birim
	C _n	C _d	C _n	C _d	
Günlük	900	0.34	1600	0.38	MJ m ⁻² d ⁻¹
Gündüz için saatlik	37	0.24	66	0.25	MJ m ⁻² h ⁻¹
Gece için saatlik	37	0.96	66	1.7	MJ m ⁻² h ⁻¹

4.2.2 SEBAL Modeli

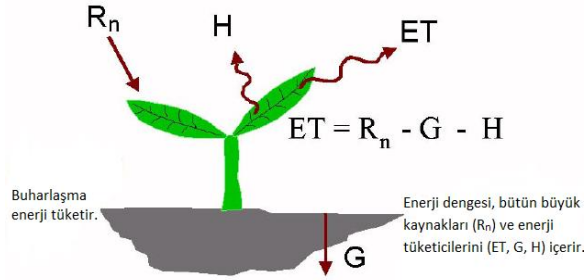
SEBAL, uydu ve iklim verilerini girdi olarak kullanan yüzey enerji dengesine dayanan bir model olup anlık ve 24 saatlik yüzey ısı akılarını hesaplayan bir modeldir (Bastiaanssen et al., 1998a, 1998b). Arazi yüzeyinin özelliklerini gösteren yüzey albedosu, yaprak alan indeksi, vejetasyon indeksi ve yüzey sıcaklığı verileri uydu görüntülerinden; rüzgâr hızı, nem, solar radyasyon ve hava sıcaklığına ait meteorolojik veriler de meteoroloji istasyonundan alınarak modele girilmiştir ve görüntünün alındığı tarihe ilişkin bitki su tüketimleri hesaplanmıştır (Waters et al., 2002).

Bitki su tüketimi, yüzey enerji dengesine dayanarak gizli ısı akısı yoluyla doğrudan elde edilir. ET_a , uydu görüntüsündeki her bir piksel için Eşitlik 14 yardımıyla hesaplanmıştır (Bastiaanssen et al., 2005). Gizli ısı akısı, ET için kullanılan enerjiyi ifade eder (Şekil 4.4) (Droogers and Bastiaanssen, 2002).

$$LE = R_n - G - H \quad (14)$$

Eşitlikte;

LE: Gizli ısı akısı (W/m^2), R_n : Net radyasyon (W/m^2), G: Toprak ısı akısı (W/m^2), H: Hissedilebilir ısı akısı (W/m^2)'dir.



Şekil 4.4 Yüzey enerji dengesi.

4.2.2.1 Biyofiziksel parametreler

SEBAL ile bitki su tüketiminin tahmin edilebilmesi için çalışma alanının vejetasyon yoğunluğu hakkında bilgi veren NDVI (Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi), SAVI (Düzeltilmiş Toprak Vejetasyon İndeksi) ve yaprak alan indeksi (YAI) gibi indeksler ile yüzey sıcaklığı, R_n , albedo, G, H gibi bitki su tüketimini doğrudan ya da dolaylı olarak etkileyen parametrelerin de belirlenmesi gerekmektedir.

Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi

Normalize Edilmiş Vejetasyon İndeksi (NDVI), uzaktan algılama ile belirlenebilen bitkilerin gelişme durumları hakkında bilgi veren bir indekstir (Köksal, 2007). Yakın kızıl ötesi (NIR) ve kırmızı bant (R) yansımaları farkının, toplamlarına olan oranı şeklinde Eşitlik 15'e göre hesaplanmıştır. NDVI değerleri -1 ile +1 arasında değişmektedir. Yeşil alanlarda 0 ile 1 arasında, su ve bulutun olduğu alanlarda ise 0'dan daha az bir değer almaktadır. Spektrumun NIR bandı, vejetasyonun sağlıklı kısmını daha iyi yansıtırken, R bandı ise yansımaları absorbe etmektedir (Waters et al., 2002).

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (15)$$

Düzeltilmiş Toprak Vejetasyon İndeksi

Düzeltilmiş Toprak Vejetasyon İndeksi (SAVI), toprak yansımalarını da dikkate alan bir vejetasyon indeksidir. Vejetasyon indeksindeki (NDVI) toprağın etkisini çıkarmak için geliştirilmiş olup Eşitlik 16 ile hesaplanmıştır (Waters et al., 2002).

$$SAVI = (1 + L) (NIR - R) / (L + NIR + R) \quad (16)$$

L: SAVI için kullanılan sabit bir değerdir (Vejetasyon yoğunluğuna göre bu değer 0-1 arasında değişir).

Yaprak alan indeksi

Yaprak alan indeksi (YAI), bir bitkinin bütün yaprak alanlarının toplamının o bitkinin toprak yüzeyinde kapladığı alana oranı olup Eşitlik 17, 18 ile hesaplanmıştır (Allen et al., 2007).

$$YAI=11*SAVI^3 \quad SAVI \leq 0.817 \quad (17)$$

$$YAI=6 \quad SAVI > 0.817 \quad (18)$$

Yüzey Sıcaklığı

Yüzey sıcaklığı; hissedilebilir ısı akısını, gizli ısı akısını, buharlaşma fraksiyonunu ve ET_a 'yi doğrudan etkilediği için enerji dengesindeki en önemli parametrelerden biridir. Yüzey sıcaklığı Eşitlik 19 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$T_s = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{\varepsilon_{NB} K_1}{R_c} + 1\right)} \quad (19)$$

R_c : Termal bant için radyans değeri, K_1 ve K_2 : Landsat görüntüleri için belirlenmiş katsayılar, ε_{NB} : Dar bant emissivitesidir.

Yüzey emissivitesi, yüzeyden yayılan termal enerjinin aynı sıcaklıkta siyah bir cisimden yayılan termal enerjiye oranıdır (Waters et al., 2002). Yüzey sıcaklığının belirlenmesinde emissivite haritalarının oluşturulması önemlidir. Emissivite hesaplanmasında Eşitlik 20, 21 ve 22 kullanılmıştır.

$$YAI < 3 \text{ ise; } \quad \varepsilon_{NB} = 0,97 + 0,0033 YAI \quad (20)$$

$$YAI < 3 \text{ ise; } \quad \varepsilon_0 = 0,95 + 0,01 YAI \quad (21)$$

$$YAI \geq 3 \text{ olduğunda ise; } \quad \varepsilon_{NB} = 0.98 \text{ ve } \varepsilon_0 = 0.98 \quad (22)$$

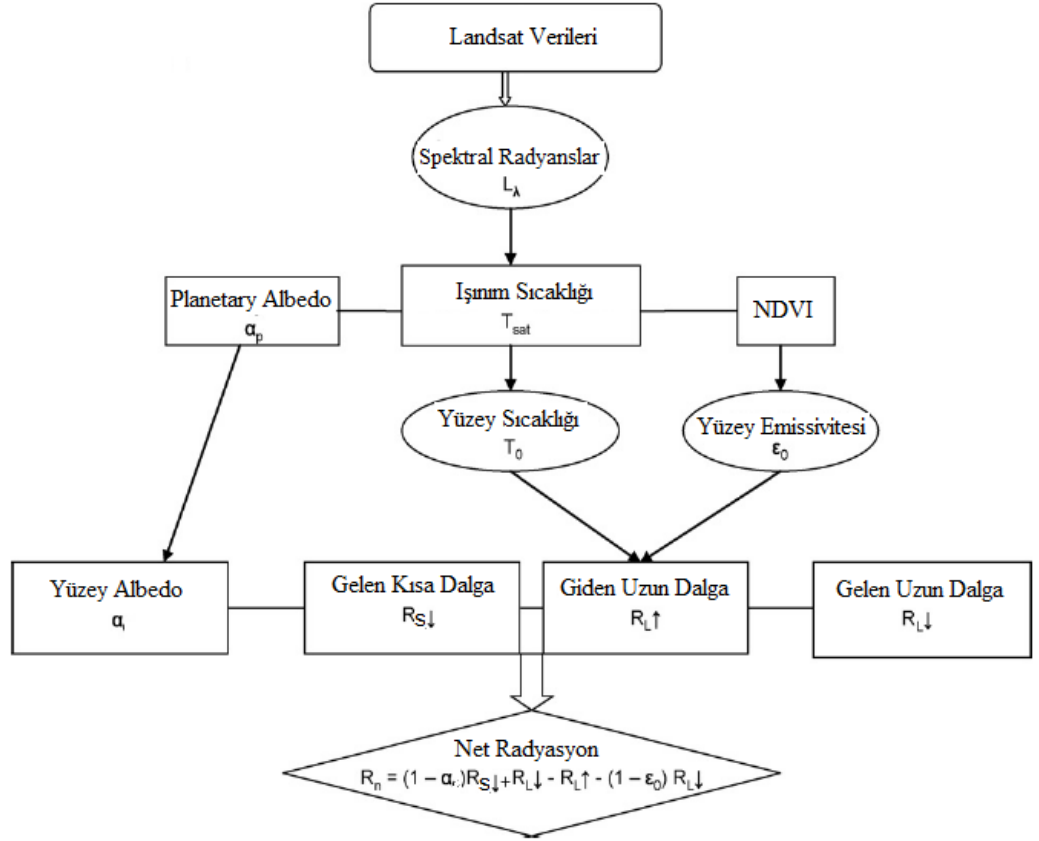
ε_0 : Geniş bant emissivitesi

Net radyasyon

Net radyasyon, gelen ve giden kısa ve uzun dalga boylu net radyasyonların farkıdır (Allen et al., 2011) (Şekil 4.5). Net radyasyon Eşitlik 23 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$R_n = (1-\alpha)R_{S\downarrow} + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1-\epsilon_0)R_{L\downarrow} \quad (23)$$

$R_{S\downarrow}$: Gelen kısa dalga boylu radyasyon (W/m^2), $R_{L\downarrow}$: Gelen uzun dalga boylu radyasyon (W/m^2), $R_{L\uparrow}$: Giden uzun dalga boylu radyasyon (W/m^2), α : Albedo.



Şekil 4.5 Radyasyon dengesi.

Albedo

Albedo, yeryüzüne ulaşan güneş ışınlarının yüzeyin cinsine göre geri yansıyan kısmıdır (Çetin, 2013). Bu çalışmada albedo, Eşitlik 24 ile hesaplanmıştır.

$$\alpha = (\alpha_{\text{TOA}} - \alpha_{\text{path radiance}}) / \tau_{\text{sw}}^2 \quad (24)$$

α : Albedo, α_{TOA} : Atmosferin en yüksek noktasındaki albedo, $\alpha_{\text{path radiance}}$: dünyanın yüzeyine ulaşmadan önce uyduya geri yayılmış olan tüm bantlardaki gelen güneş radyasyonunun ortalama kısmıdır (Waters et al., 2002), τ_{sw} : Atmosferik iletim.

Toprak ısı akısı

Toprak ısı akısı (G), toprak ve vejetasyon içerisinde saklanan ısıdır (Waters et al., 2002). R_n ve vejetasyon yoğunluğuna bağlı olarak değişim gösterir (Allen et al., 1998; Çetin'den, 2013). Bu çalışmada G, Eşitlik 25 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$G/R_n = T_s/\alpha (0.0038\alpha + 0.0074\alpha^2)(1 - 0.98\text{NDVI}^4) \quad (25)$$

T_s : Yüzey sıcaklığı ($^{\circ}\text{K}$)

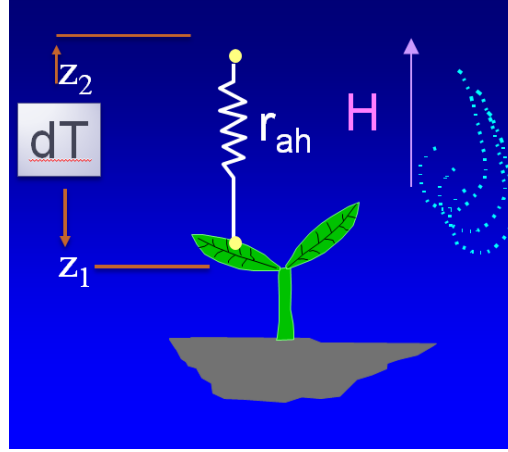
Hissedilebilir ısı akısı

Hissedilebilir ısı akısı (H), iletim ve yayılma ile yüzeyde oluşan sıcaklık farkının havada oluşan ısı kaybına oranıdır (Waters et al., 2002). Diğer bir ifadeyle, bitki seviyesi ile bitkinin üzerindeki belirli bir seviye arasındaki ısının değişimine etki eden enerjiyi açıklamaktadır (Şekil 4.6) (Bastiaanssen et al., 1998a; Bastiaanssen and Boss, 1999; Bastiaanssen et al., 2001; Allen et al., 2005, 2007; Çetin'den, 2013).

Hissedilebilir ısı akısı, doğrudan yüzey sıcaklığı ve atmosfer sıcaklığı arasındaki fark ile ilişkilidir (Colaizzi et al., 2004). Hissedilebilir ısı akısı Eşitlik 26 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$H = (\rho \times C_p \times dT) / r_{\text{ah}} \quad (26)$$

ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m^3), C_p : Hava sabitesi ($1004 \text{ J}/\text{kg}/\text{K}$), dT : Yüzey sıcaklığı (T_s) ile atmosfer sıcaklığı (T_a) arasındaki fark (z_1, z_2) (K), r_{ah} : Aerodinamik direnç (s/m).



Şekil 4.6 Hissedilebilir ısı akısı bileşenleri (Allen, 2005).

H 'nin hesabında dT ve r_{ah} önemli iki parametredir. dT , temel olarak yüzey sıcaklığı ve atmosfer sıcaklığı parametrelerinden oluşmaktadır (Çetin, 2013).

Hava koşulları stabil olmayıp, hava sıcaklığı yükseklik arttığında azalmaktadır. Yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasında güçlü bir denge vardır. Benzer şekilde bir azalma yüzey sıcaklığında da söz konusu olabilir (Tasumi et al., 2000). Bu nedenle sıcaklık farkı olan dT , H 'nin tahmini için gereklidir. Atmosferik doğrulama için hissedilebilir ısı akısında iterasyona gidilmektedir. Bu iterasyon, ET 'nin maksimum olduğu ve neredeyse hiç olmadığı iki uç nokta arasında dT 'nin T_s 'ye göre, $dT=a+bT_s$ doğrusal regresyon denklemi ile kalibrasyonunu içermektedir. Bu amaçla dT , kullanılan yüzey sıcaklığı ile ifade edilir.

Çalışma alanındaki tarım arazilerine ait uydu görüntülerinde, vejetasyon yoğunluğu yüksek ve T_s değeri en düşük olan hücreler soğuk piksel, vejetasyon yoğunluğu düşük ve T_s değeri en yüksek olan hücreler ise sıcak piksel olarak belirlenmiştir. Soğuk pikseller genellikle, açık su yüzeyleri ya da çok iyi sulanan tarım alanları olmaktadır (Bastiaanssen, 2005). Soğuk pikseldeki hissedilebilir ısı akısı, net radyasyon ile toprak ısı akısı arasındaki fark ile belirlenmiştir. Sıcak pikseldeki hissedilebilir ısı akısı sıfırdır. Bunun nedeni yüzey sıcaklığı ile atmosfer sıcaklığı arasındaki farkın (dT) sıfır olarak kabul edilmesidir (Wang et al., 2009).

Eşitlik 12’de yer alan aerodinamik direnç, Eşitlik 27 yardımıyla hesaplanmıştır (Waters et al., 2002).

$$r_{ah} = \frac{\ln\left(\frac{z_2}{z_1}\right)}{u_* k} \quad (27)$$

z_1 ve z_2 : Vejetasyonun sıfır düzleminin üzerindeki yükseklikler (m), k : von Karman katsayısı ve u_* : Rüzgar hızı fraksiyonu (m/s) olup Eşitlik 28 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$u_* = \frac{ku_x}{\ln\left(\frac{z_x}{z_{om}}\right)} \quad (28)$$

u_x : z_x yükseliğinde ölçülen rüzgar hızı (m/s), z_{om} : momentum pürüzlülük uzunluğu (m). Tarımsal alanlarda z_{om} genellikle bitki yüksekliği ile ilişkilidir (Allen et al., 2011). z_{om} , YAI’nin bir fonksiyonu olarak Eşitlik 29 ile hesaplanmıştır (Tasumi, 2003; Allen et al’dan, 2011)

$$z_{om} = 0.018 \times YAI \quad (29)$$

4.2.2.2 Günlük gerçek bitki su tüketiminin tahmin edilmesi

SEBAL ile ET_a hesaplanmasında buharlaşma fraksiyonu, buharlaşmanın gizli ısısı, 24 saatlik net radyasyon ve suyun yoğunluğu kullanılmaktadır. Günlük ET_a ’nın hesaplanması Eşitlik 30 yardımıyla yapılmıştır (Bastiaanssen, 2005).

$$ET_{24} = \frac{86400 * 10^3}{\lambda \rho_w} \Lambda R_{n24} \quad (30)$$

Λ : Buharlaşma fraksiyonu, λ : Buharlaşma gizli ısısı (J/kg), R_{n24} : 24 saatlik net radyasyon, ρ : Suyun yoğunluğu (kg/m^3)

Eşitlikte yer alan buharlaşma fraksiyonu (Mkhwanazi and Chavez, 2013), gün boyunca sabit kalırken; hissedilebilir ısı akısı ve gizli ısı akısı günlük bazda değişmektedir (Crago, 1996; Shuttleworth et al., 1989; Bastiaanssen et al'dan, 1996). Buharlaşma fraksiyonu, anlık yüzey enerji dengesindeki enerji fazlalığının, net radyasyon ile toprak ısı akısı arasındaki farka oranı olup Eşitlik 31 ile hesaplanmıştır (Bastiaanssen, 2005).

$$\Lambda = \frac{R_n - G - H}{R_n - G} \quad (31)$$

4.2.3 ET_a ile ET_c arasındaki ilişkinin belirlenmesi

ET_a ile ET_c arasındaki ilişki korelasyon testi ile belirlenmiştir. Test sonucunda elde edilen “r” katsayısı, ET_a ile ET_c değerlerinin arasındaki ilişkinin gücünü diğer bir deyişle her iki değer birbirleriyle ne kadar uyumlu olduklarını ortaya koymaktadır (Draper and Smith, 1998)

4.2.4 Aylık gerçek bitki su tüketiminin hesaplanması

SEBAL ile çalışma alanındaki günlük ET_a değerleri belirlendikten sonra, aylık ET_a değerlerini hesaplamak için uydu görüntüsünün alındığı tarihteki tahmin edilen gerçek bitki su tüketimleri dikkate alınmıştır. Uydu görüntüsündeki piksellere ait günlük ET_a değerleri, Standardize Penman Monteith (ASCE-EWRI, 2005) yöntemiyle hesaplanan referans bitki su tüketimine bölünerek sabit bir katsayı (a) elde edilmiştir (Eşitlik 32) (Bastiaanssen et al., 1999).

$$a = \frac{ET_a}{ET_0} \quad (32)$$

Uydu görüntüsünün alınmadığı günlerdeki ET_a değerleri ise, söz konusu o günlere ait referans bitki su tüketimleri ile Eşitlik 32 ile hesaplanan “a” katsayıları çarpılarak hesaplanmıştır. Her periyot için bu şekilde elde edilen günlük değerler toplanarak aylık toplam ET_a değerleri elde edilmiştir.

4.2.5. Potansiyel bitki su tüketiminin hesaplanması

Potansiyel bitki su tüketimi (ET_c), bir bitkinin ele alındığı dönemde herhangi bir hastalık zararlı etkisinin bulunmadığı (FAO-56), bitki besin elementi bakımından eksiklik çekmediği ve su stresinin olmadığı standart koşullar altındaki su tüketimidir (Allen et al., 1998; TAGEM ve DSİ, 2018). Diğer bir deyişle ET_c , biyolojik kontrol ve toprak su içeriğinde herhangi bir kısıt olmadığında, iyi sulanmış bitkilerin tükettiği sudur (Bandara, 2003; Awan et al'dan, 2011). Potansiyel bitki su tüketiminin belirlenmesinde, bitkinin gelişim aşamaları, boyu, ekim-dikim tarihleri, gelişme dönemi uzunluğu ve iklimsel etmenler dikkate alınmaktadır (Allen et al., 1998).

Çalışmada narenciye, bağ ve zeytinin potansiyel bitki su tüketim değerleri Eşitlik 33 ile hesaplanmıştır.

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (33)$$

K_c : Bitki Katsayısı, ET_0 : Referans Bitki Su Tüketimi (mm/gün)

Eşitlikte yer alan K_c katsayıları ve gelişim dönemleri, her üç bitki ve bu bitkilerin gelişme dönemleri için TAGEM ve DSİ (2018)'den alınmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Bitkilerin gelişme dönemlerine göre K_c katsayıları.

	Başlangıç	Orta	Son
Narenciye	0.80	0.68	0.73
Bağ	0.52	0.87	0.46
Zeytin	0.39	0.75	0.72

Çizelge 4.3 Bitkilerin gelişim dönemleri (gün).

	I	II	III	IV
Narenciye	60	90	125	90
Bağ	20	36	118	56
Zeytin	30	85	55	85

4.3 Oransal Bitki Su Tüketimi ve Varyasyon Katsayısının Hesaplanması

Oransal Bitki Su Tüketimi (RET), tahmin edilen gerçek bitki su tüketiminin potansiyel bitki su tüketimine oranı olup potansiyel bitki su tüketiminin ne kadarının karşılandığını ifade eden bir göstergedir. RET değerlerinin varyasyon katsayıları (CV) ise verilerin homojenliğini gösteren bir değer olup, bu değer yüksek olması verilerin homojenlikten ve uniformluktan uzaklaştığını diğer bir deyişle daha çok değişkenlik gösterdiğini ifade eder. RET değerleri 2013 ve 2014 dönemleri için aylara (Mayıs-Ekim) göre Eşitlik 34 (Johl, 1979) ile; elde edilen RET değerlerinin varyasyon katsayıları (CV) ise Eşitlik 35 (Hoyt, 1979) ile hesaplanmıştır (ρ : Standart sapma, μ : Ortalama).

$$RET = \frac{ET_a}{ET_c} \quad (34)$$

$$CV = \frac{\rho}{\mu} \times 100 \quad (35)$$

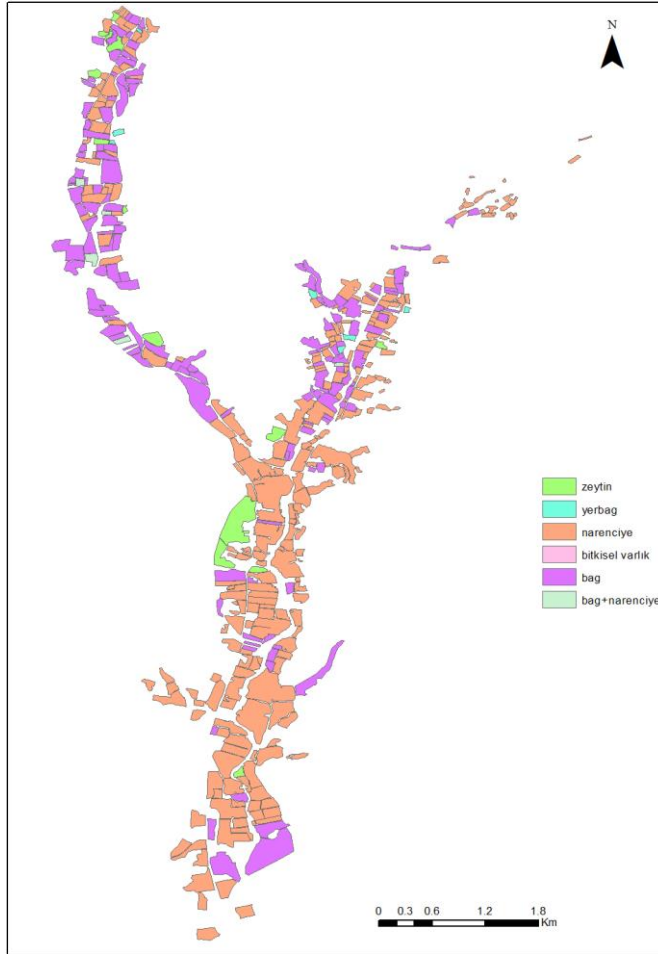
4.4 ET_a Haritalarının Oluşturulması

Çalışmada, bölgeye ait iklim verileri ve uydu görüntüleri kullanılarak enerji dengesine dayanan SEBAL modeli ile her bir uydu görüntüsüne ait ET_a haritaları elde edilmiştir. Elde edilen bu haritalardan çalışma alanı olan Kavakdere Vadisi, ürün (narenciye, bağ, zeytin) bazında kesilerek her bir ürün için ET_a değerleri elde edilmiştir. Daha sonra ise Kavakdere Vadisi ET_a değerlerine ilişkin tematik haritalar CBS ortamında oluşturulmuştur.

5. BULGULAR

5.1 Ürün Deseni

Çalışma alanının ürün deseni 6 ana kategoriye ayrılarak orto hava fotoları ile belirlenmiştir (Şekil 5.1). Bu altı kategori; narenciye (pembe) (Şekil 5.2), bağ (mavi), yer bağı (mor), zeytin (yeşil), narenciye+bağ (turuncu) ve bitkisel varlıklardan (açık pembe) (söğüt ağacı+ceviz ağacı+nar ağacı) (Şekil 5.3) oluşmaktadır. Ürün deseninde yer alan söz konusu bu bitkilerden narenciye 3045 da, bağ 1603 da, yer bağı 27 da, zeytin 233 da, bağ+narenciye 69 da ve bitkisel varlıklar 0,2 da alana sahip olup toplamda çalışma alanı yaklaşık 4977 da'dır. Çalışmada narenciye, bağ ve zeytin alanları dikkate alınmış ve bu bitkilere ait ET_a ve ET_c değerleri hesaplanmıştır.



Şekil 5.1 Kavakdere vadisi ürün deseni.



Şekil 5.2 Kavakdere Vadisi sulama alanı bağ ve narenciye alanları.



Şekil 5.3 Kavakdere Vadisi sulama alanı yer bağı, zeytin, bağ, narenciye, bitkisel varlık (söğüt+nar+ceviz).

Arazide yapılan yer gerçekliği çalışmasında, narenciyelerin 4x5 m dikim aralığına sahip olduğu ve bazı alanlarda da zayıf görünümlü olmasından dolayı bağa benzediği gözlenmiştir. Bu nedenle, zayıf görünümlü alanların koordinat bilgileri GPS ile alınarak orto hava fotoğrafları üzerinde bu yerler narenciye olarak tanımlanmıştır. Ayrıca, bazı alanlarda da bağ ve narenciye parsellerinin bitişik olduğu gözlenmiştir.

Zeytinlik alanlarda yapılan yer gerçekliği çalışmasında ise, zeytin ağaçlarının dağınık dikildiği, yamaçlardaki ağaçların sulanmadığı ve sulananların

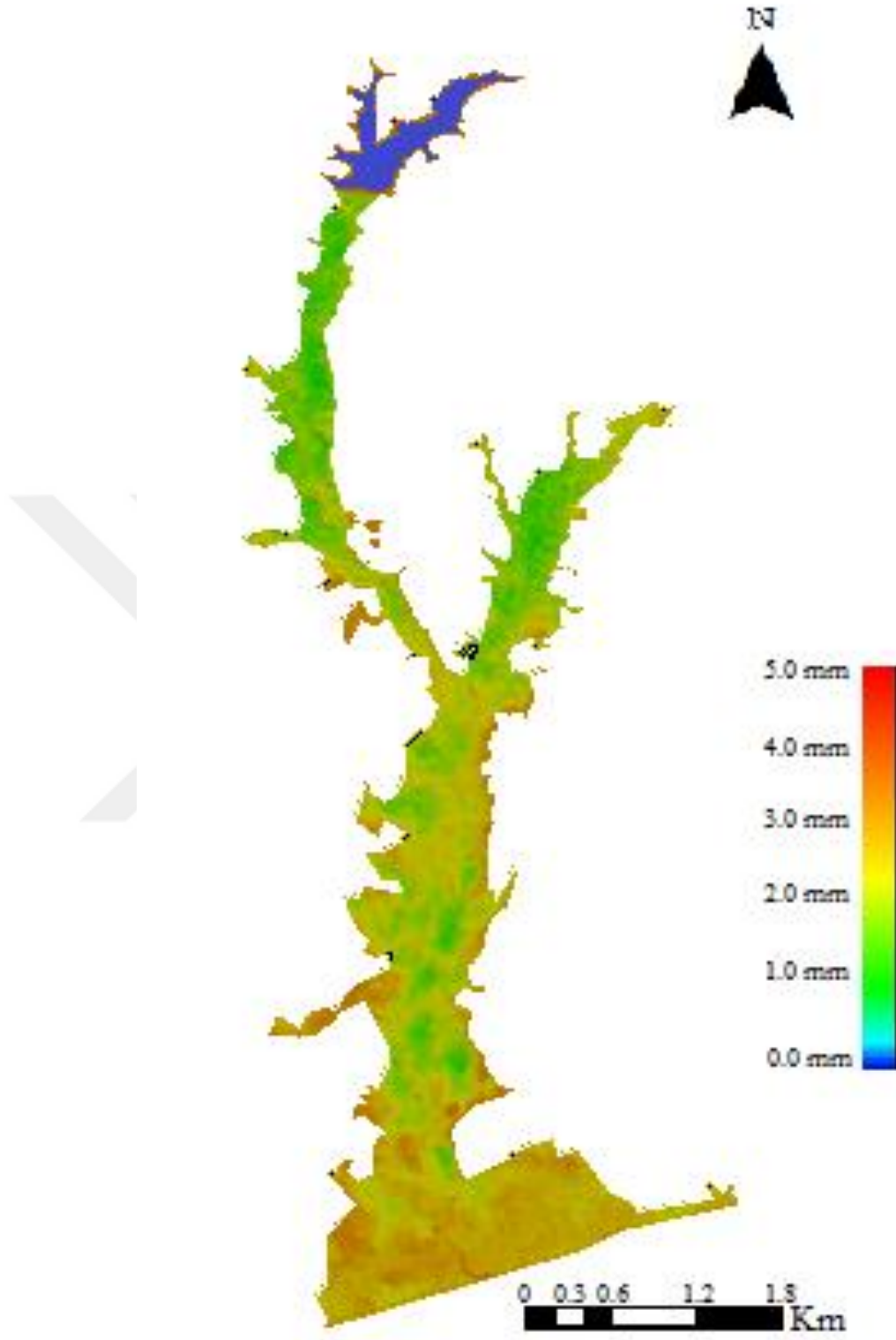
ise düz alanlarda bulunduğu gözlenmiştir. Ayrıca, söğüt, nar ve ceviz gibi bitkisel varlıkların da çok küçük bir alanı kapladığı saptanmıştır (Şekil 5.3).

5.2 Bitki Su Tüketimine Ait Bulgular

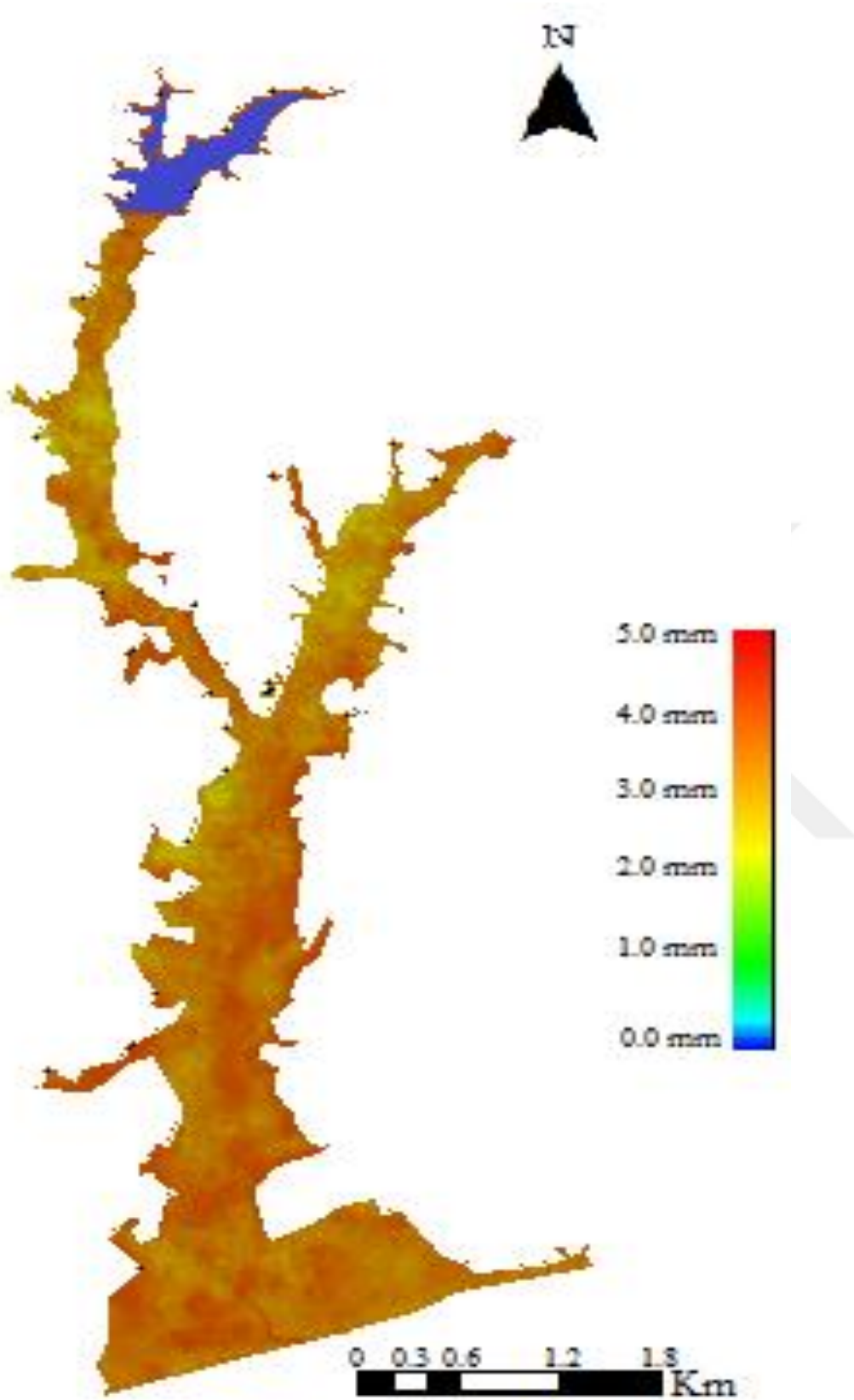
Çalışmada, 2013 ve 2014 yılı Mayıs-Ekim dönemine ilişkin ET_a , Landsat 8 OLI-TIRS uydu görüntüleri kullanılarak SEBAL ile tahmin edilmiştir. Daha sonra çalışma alanının tamamındaki dikili alanlar orto hava fotoğrafları ile belirlenerek uydu görüntülerinin alındığı tarihe ait ET_a tematik haritaları oluşturulmuştur.

5.2.1 2013 yılına ait tahmin edilen günlük gerçek bitki su tüketimleri

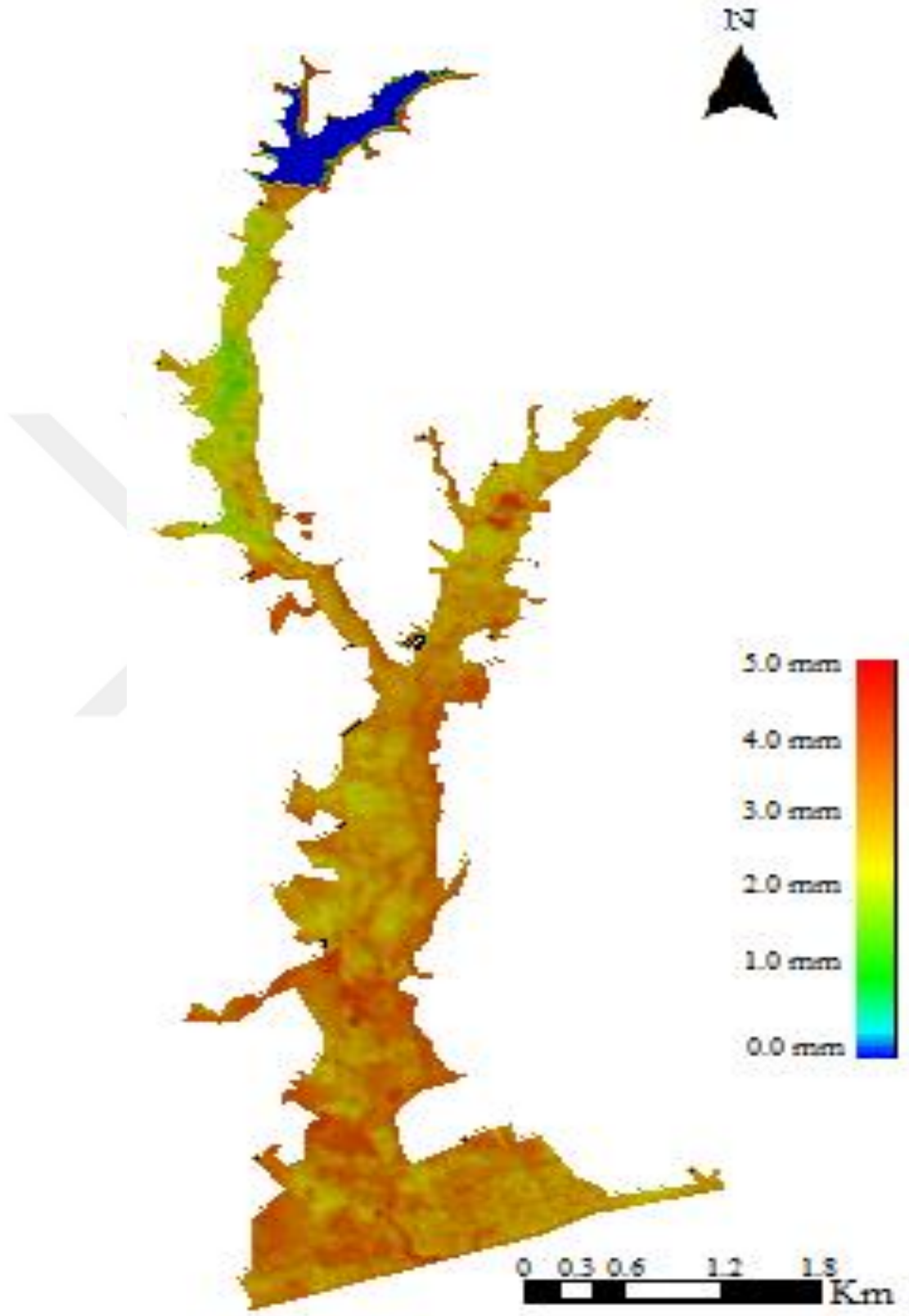
Seferihisar-Kavakdere vadisine ait 2 Mayıs 2013, 18 Mayıs 2013, 27 Mayıs 2013, 28 Haziran 2013, 5 Temmuz 2013, 21 Temmuz 2013, 15 Ağustos 2013, 22 Ağustos 2013, 16 Eylül 2013 ve 25 Ekim 2013 tarihli uydu görüntülerinden elde edilen günlük ET_a haritaları Şekil 5.4-5.13'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, Vadinin aşağı kısımlarında ET_a değerlerinin, yukarı kısımlara göre daha yüksek olduğu ve bu alanlarda yoğun olarak narenciye yetiştiriciliğinin yapıldığı görülmektedir.



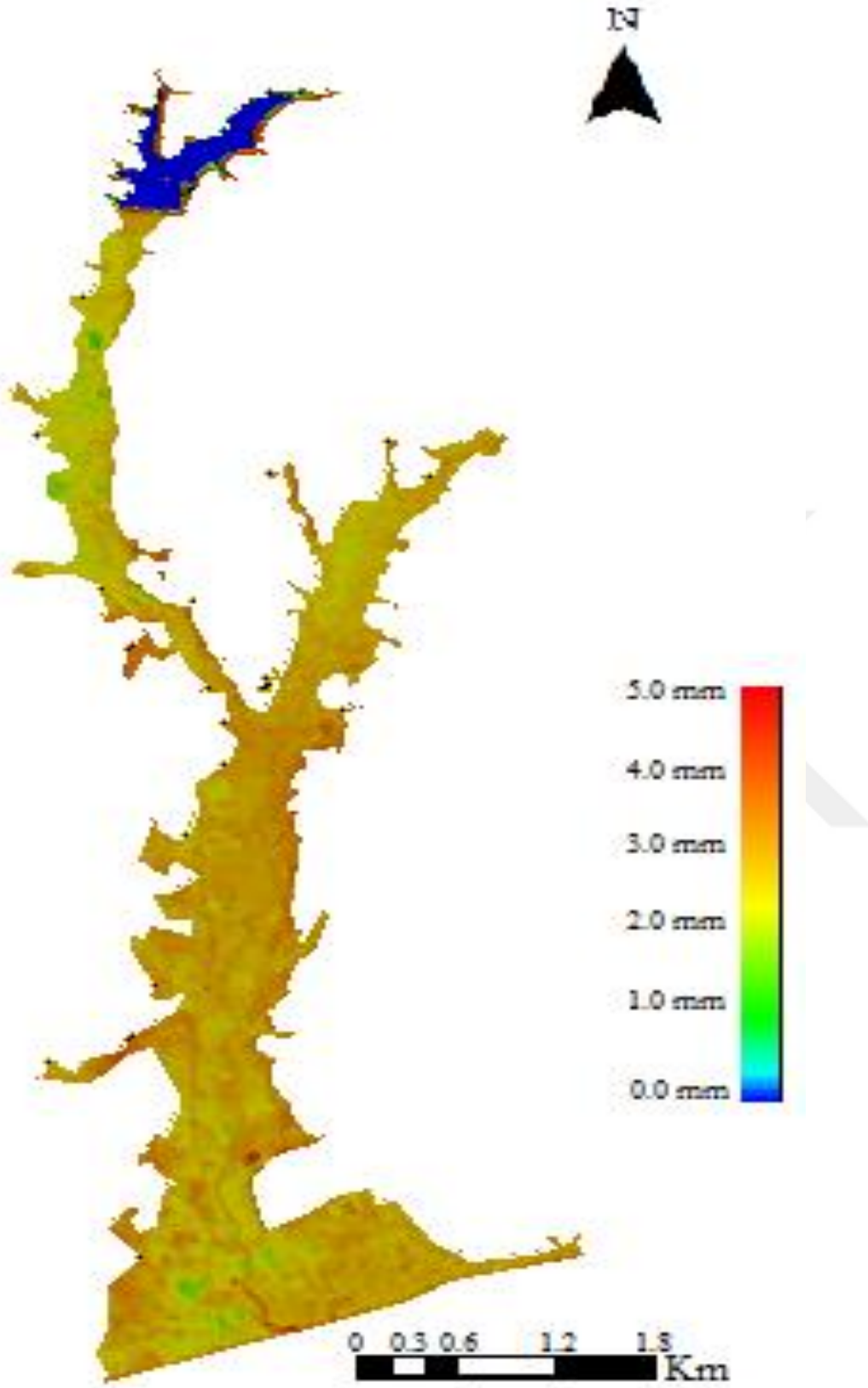
Şekil 5.4 2 Mayıs 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.



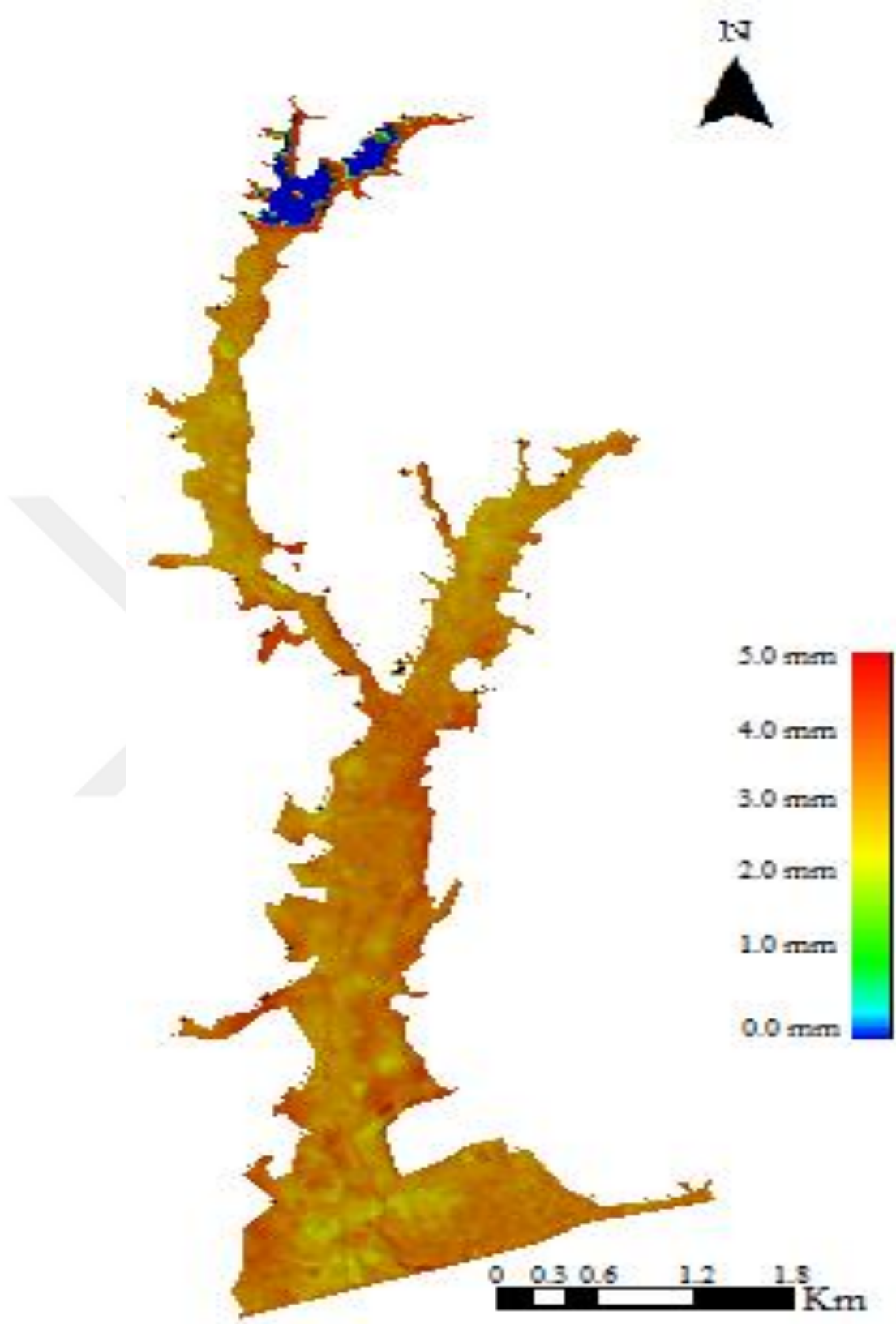
Şekil 5.5 18 Mayıs 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.



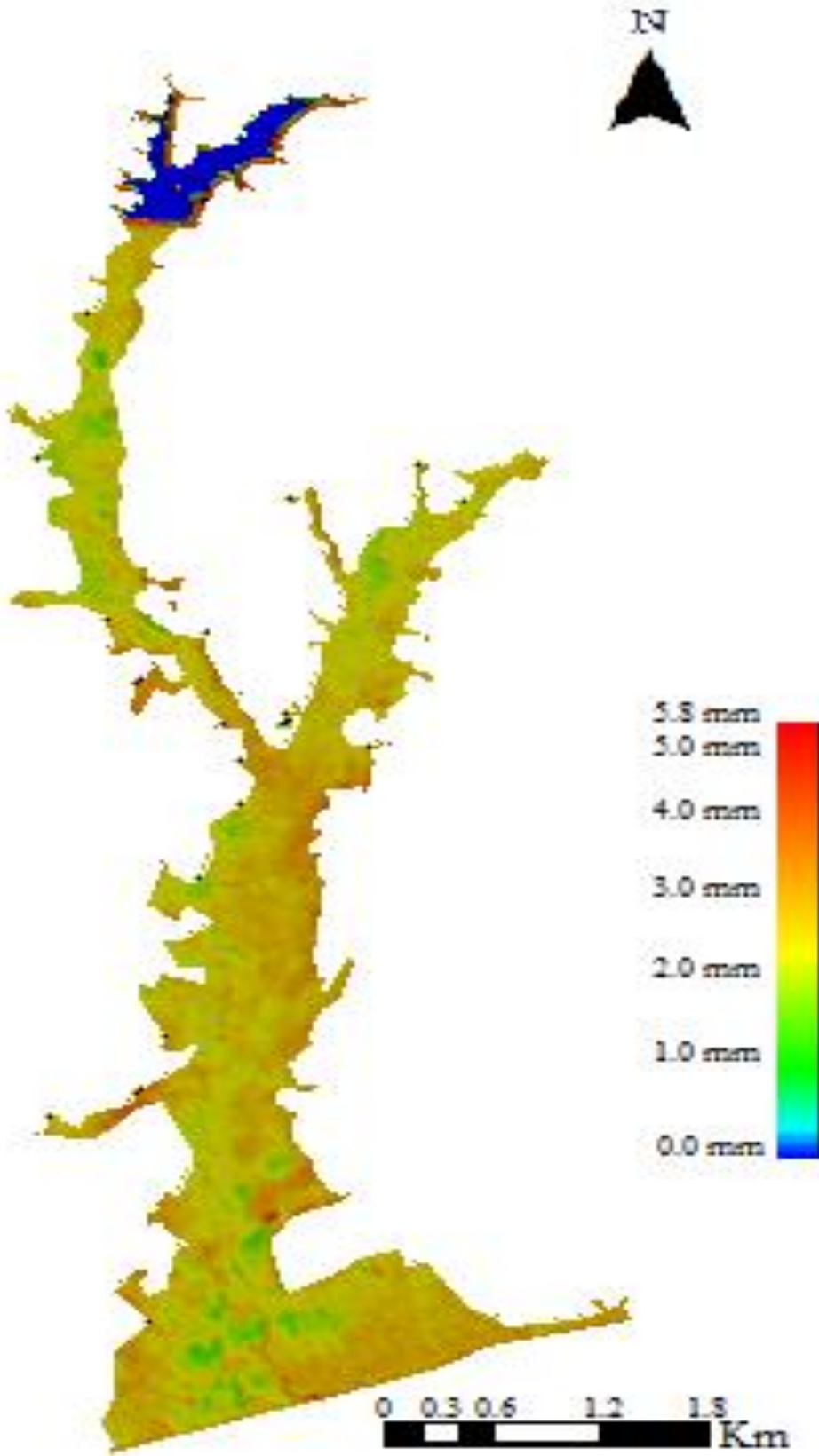
Şekil 5.6 27 Mayıs 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.



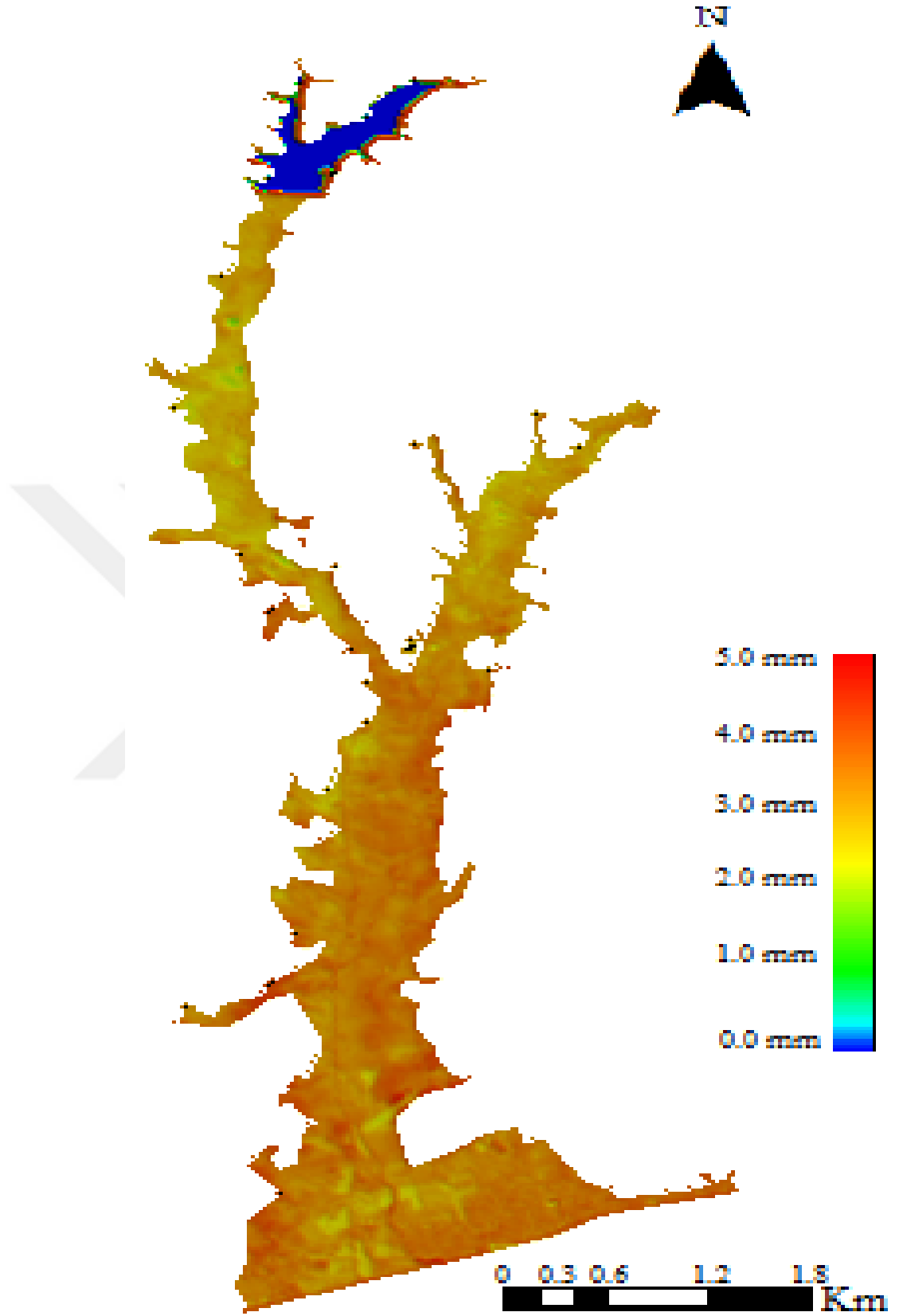
Şekil 5.7 28 Haziran 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.



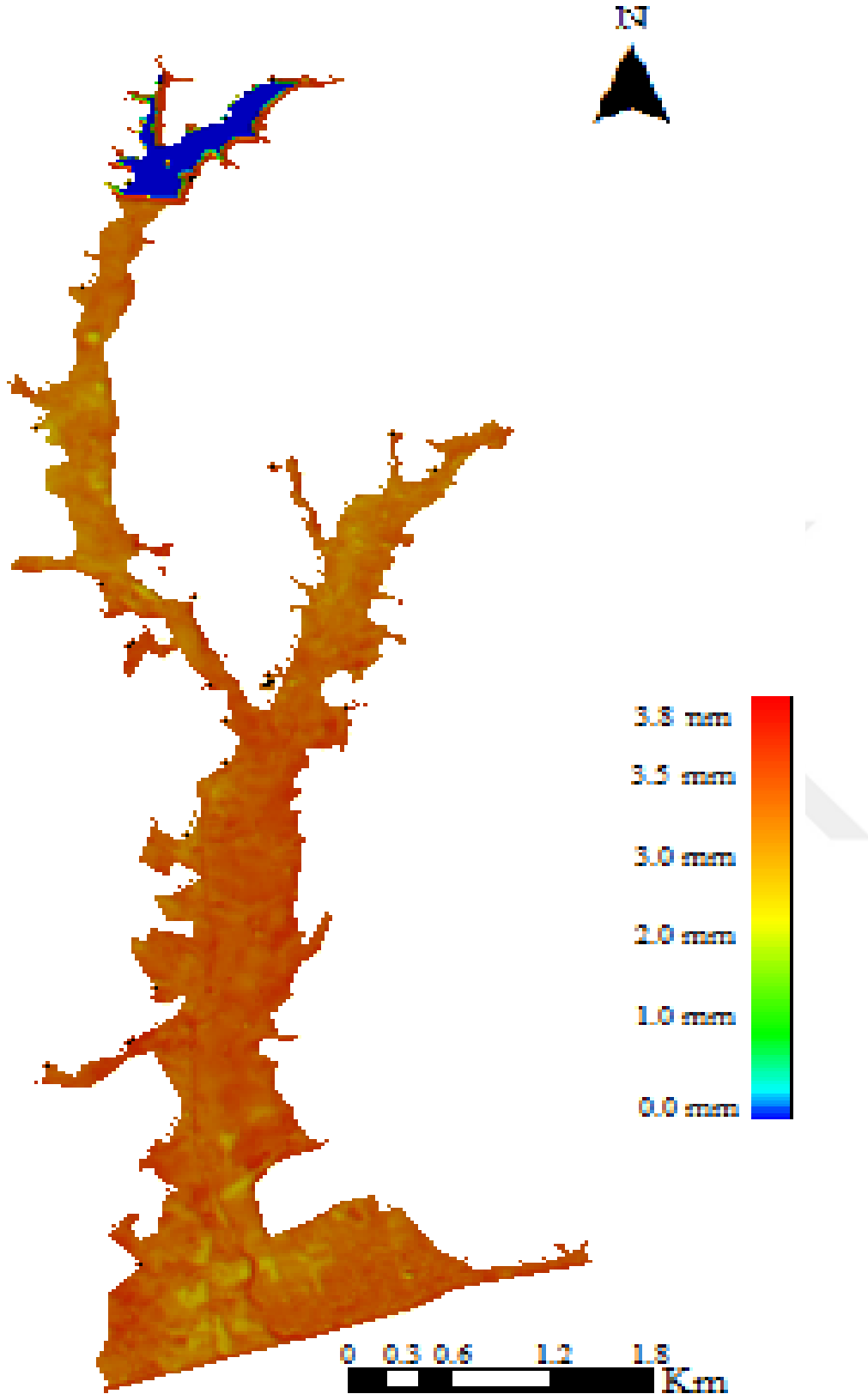
Şekil 5.8 5 Temmuz 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.



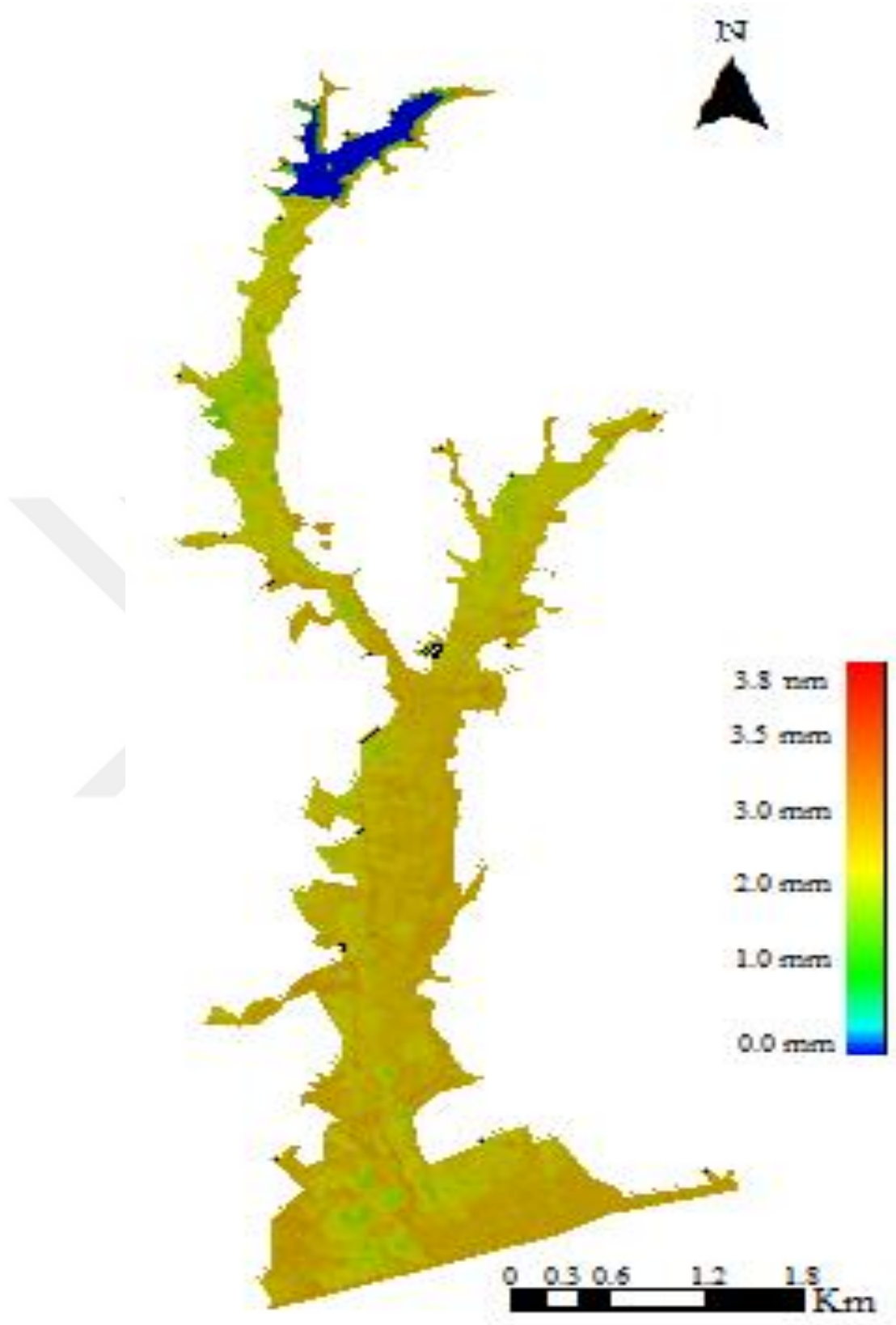
Şekil 5.9 21 Temmuz 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.



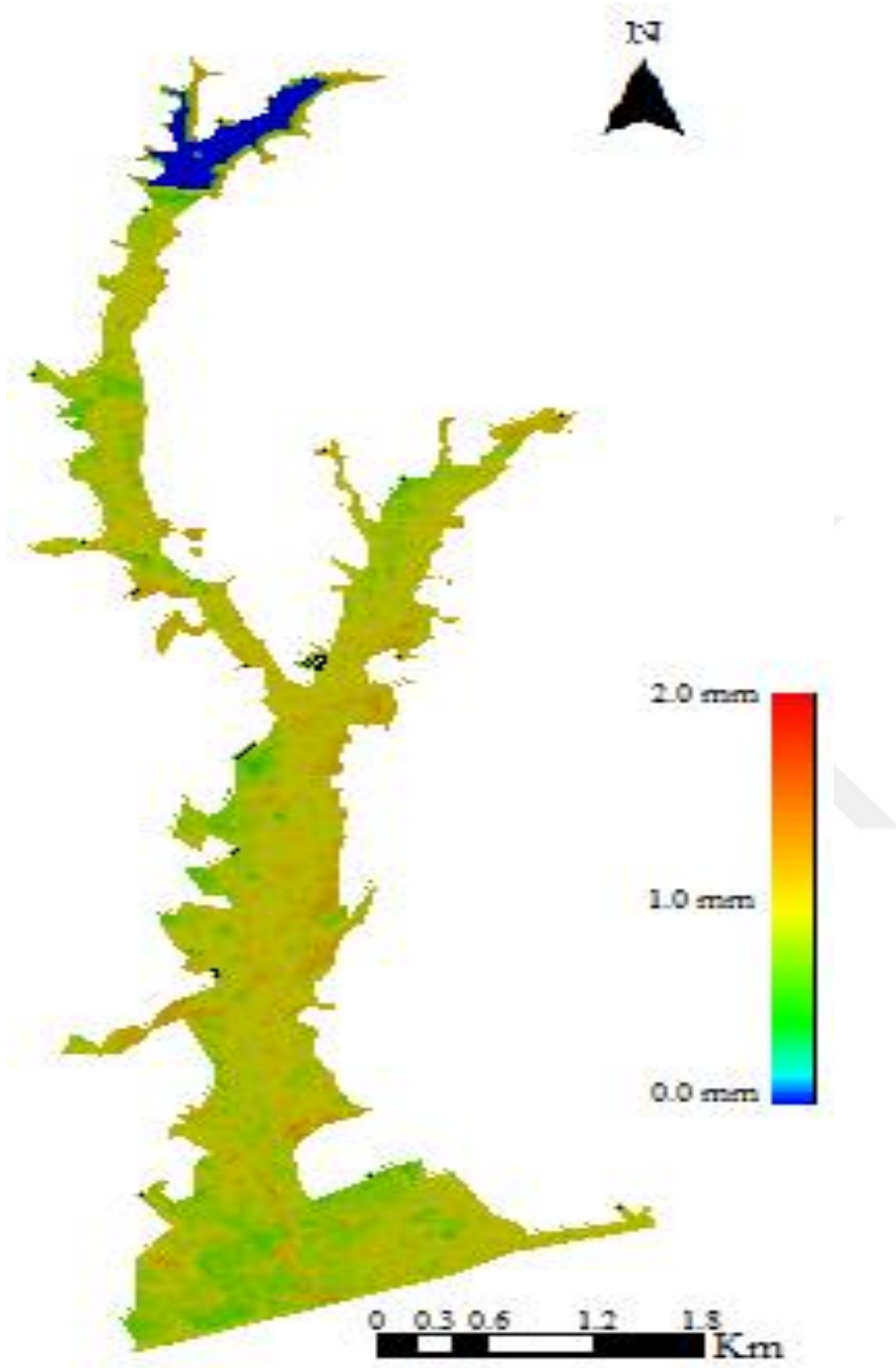
Şekil 5.10 15 Ağustos 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.



Şekil 5.11 22 Ağustos 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.



Şekil 5.12 16 Eylül 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.

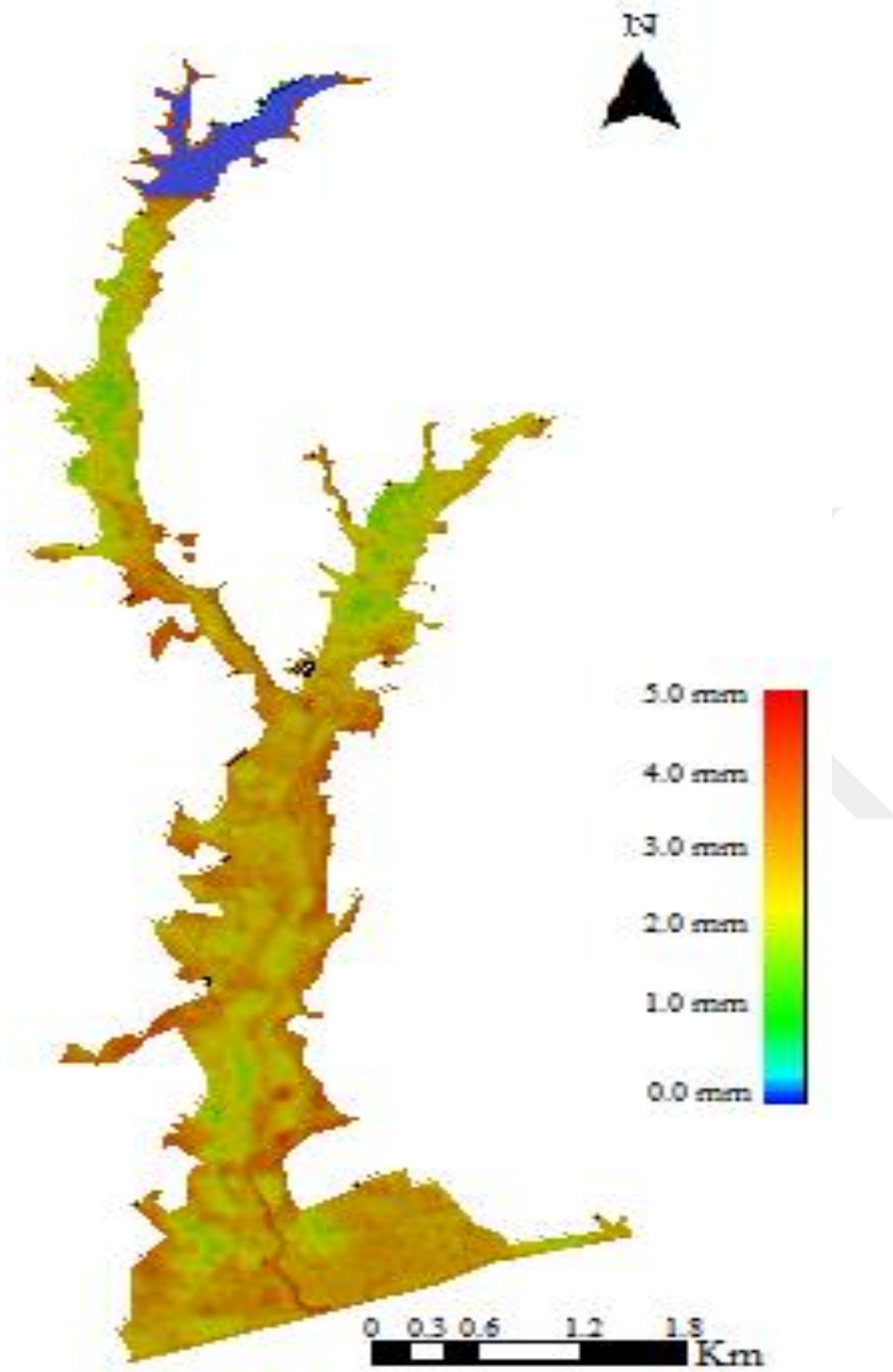


Şekil 5.13 25 Ekim 2013 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.

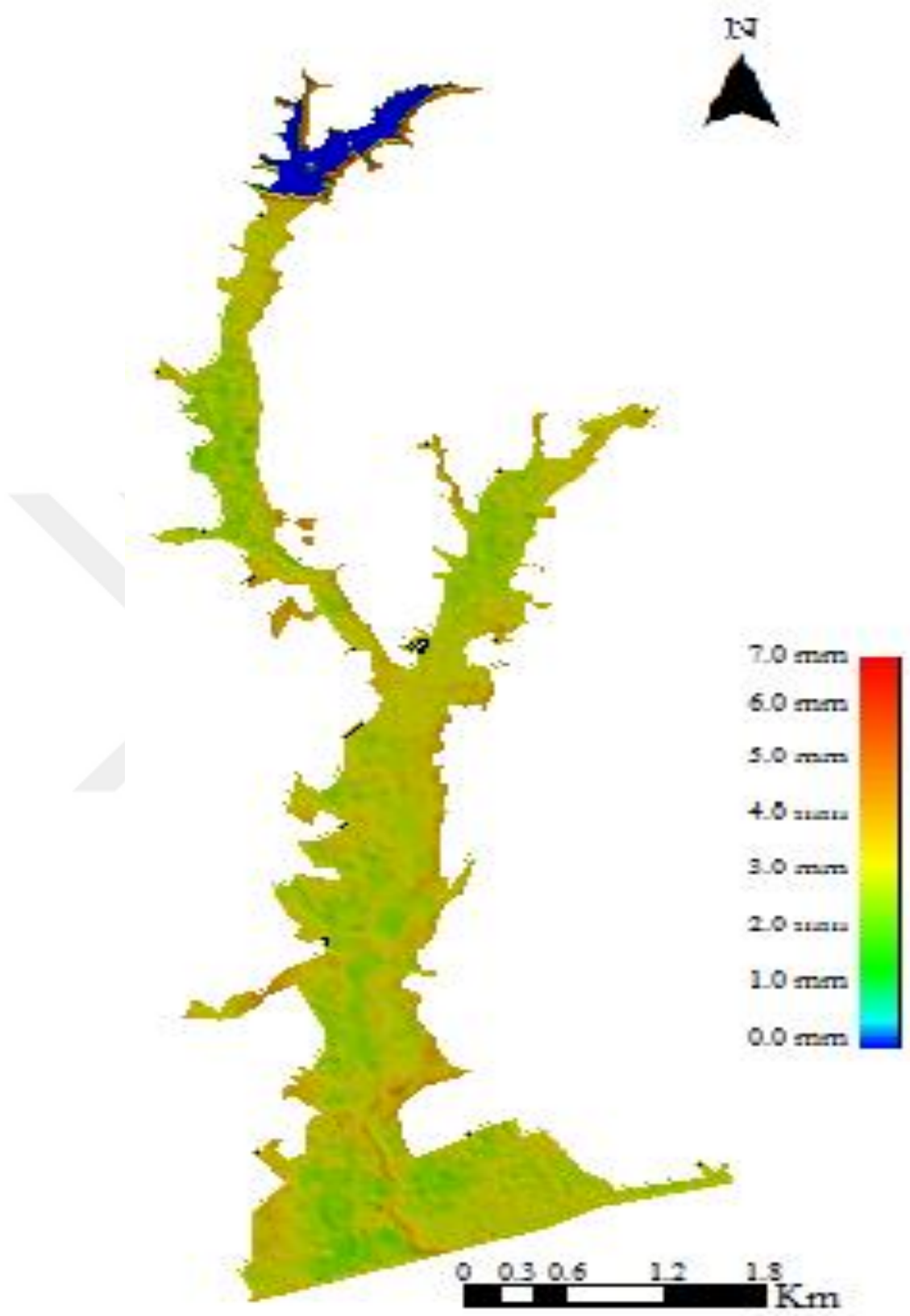
5.2.2 2014 yılına ait tahmin edilen günlük gerçek bitki su tüketimleri

Seferihisar-Kavakdere vadisine ait 21 Mayıs 2014, 22 Haziran 2014, 8 Temmuz 2014, 25 Ağustos 2014, 10 Eylül 2014, 19 Eylül 2014 ve 21 Ekim 2014 tarihli uydu görüntülerinden elde edilen günlük ET_a değerleri Şekil 5.14-5.20'de verilmiştir. Şekiller incelendiğinde, Vadinin aşağı kısımlarında ET_a değerleri, yukarı kısımlara göre daha yüksek olduğu ve bu alanlarda yoğun olarak narenciye yetiştiriciliğinin yapıldığı görülmektedir.

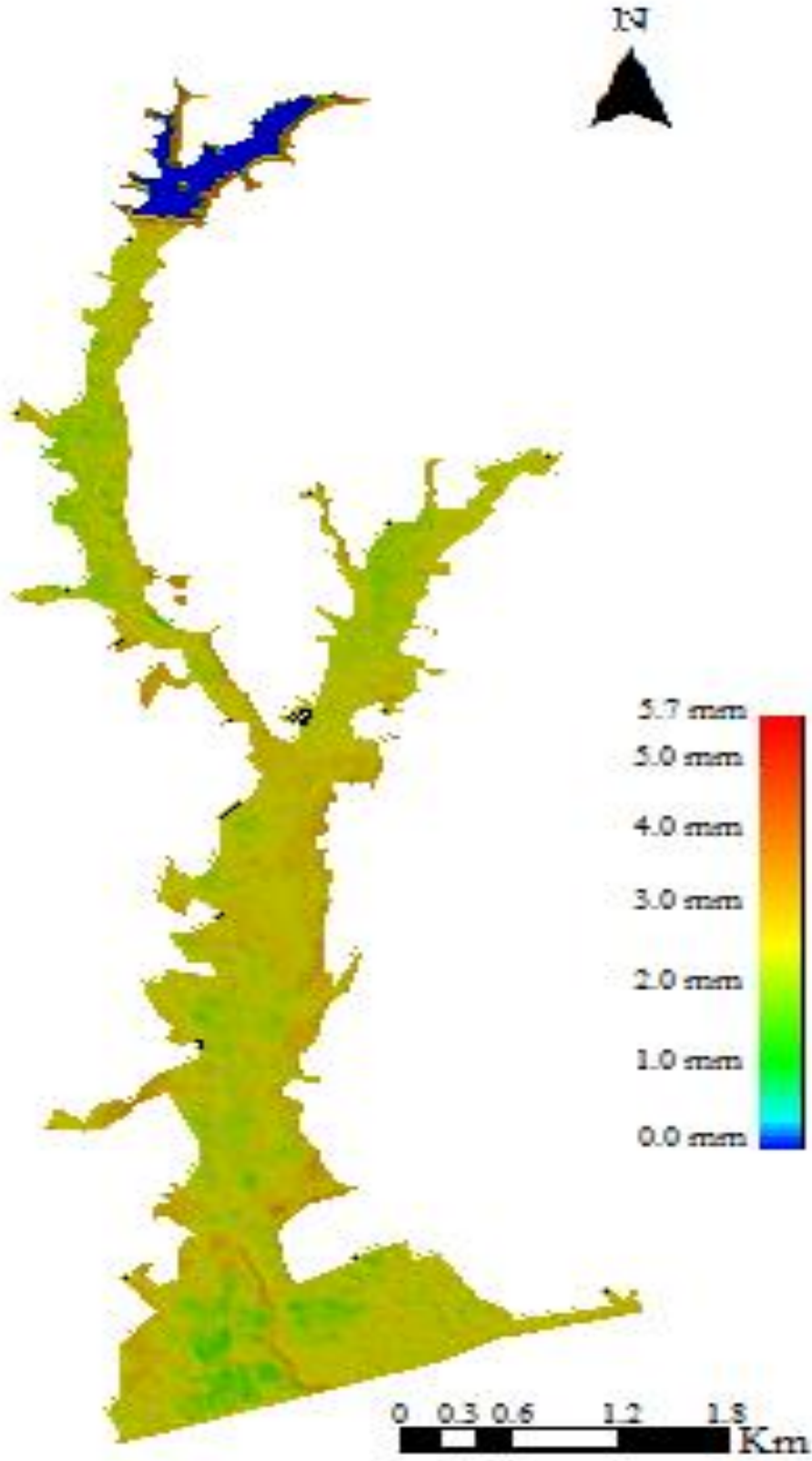




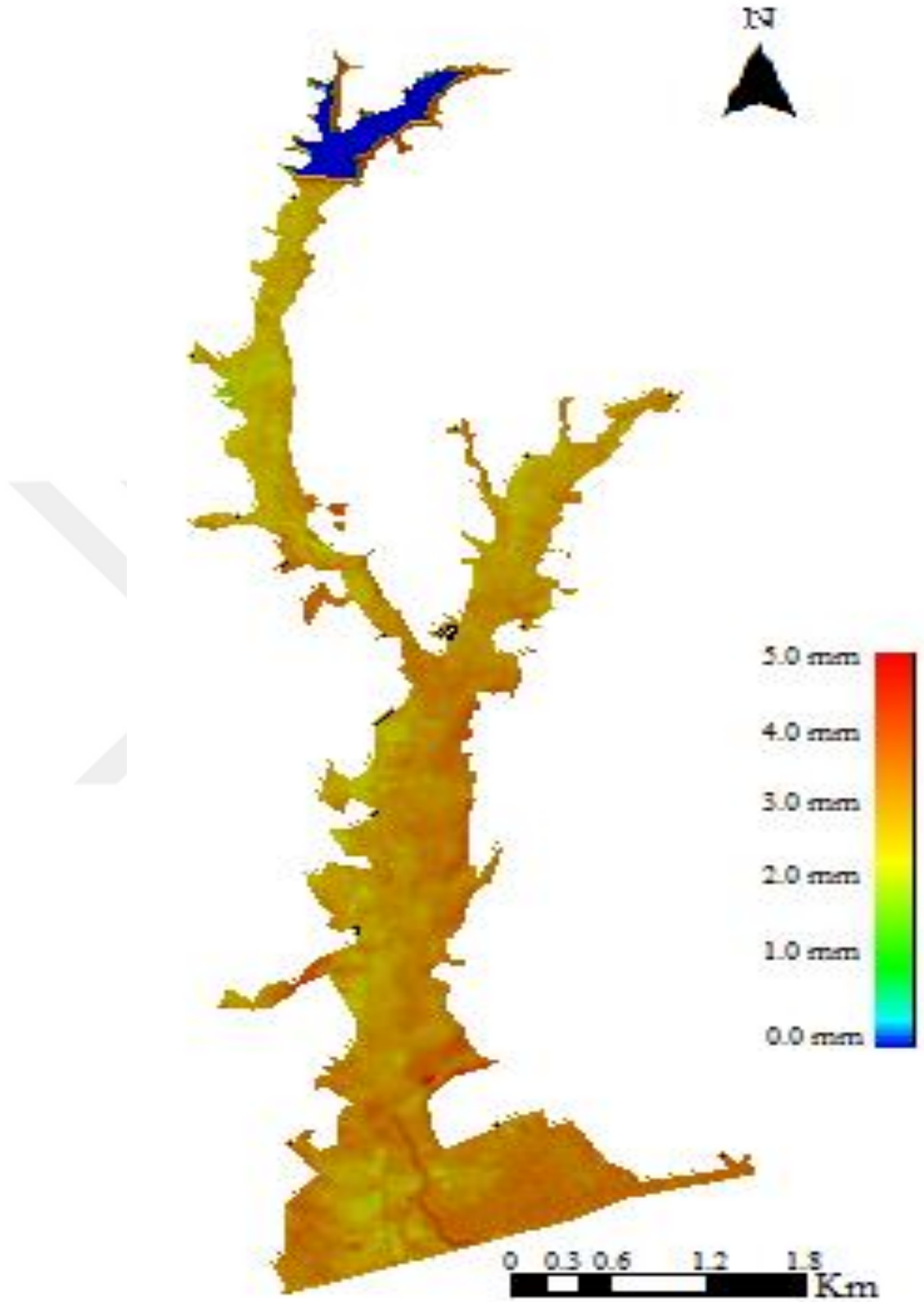
Şekil 5.14 21 Mayıs 2014 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.



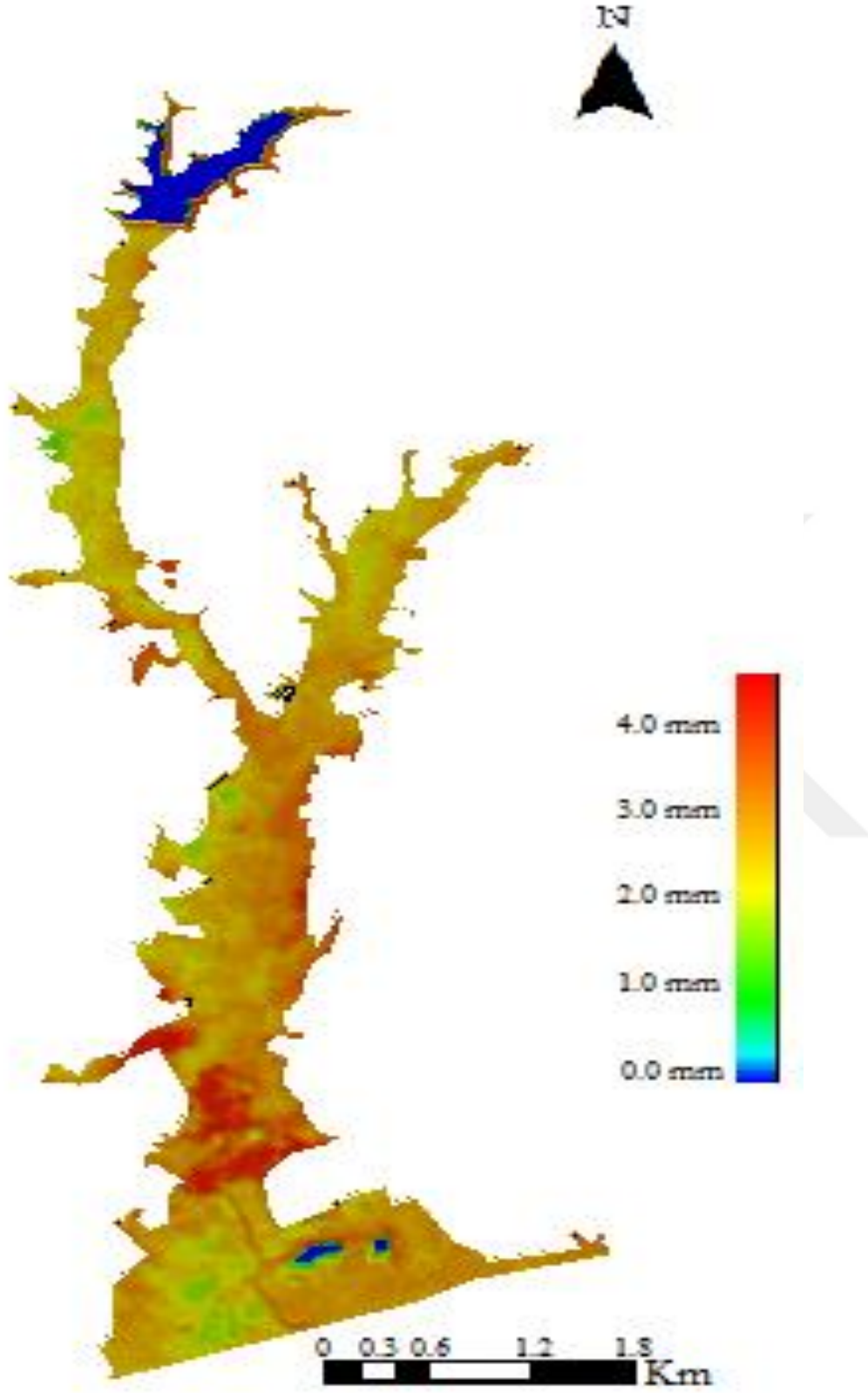
Şekil 5.15 22 Haziran 2014 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.



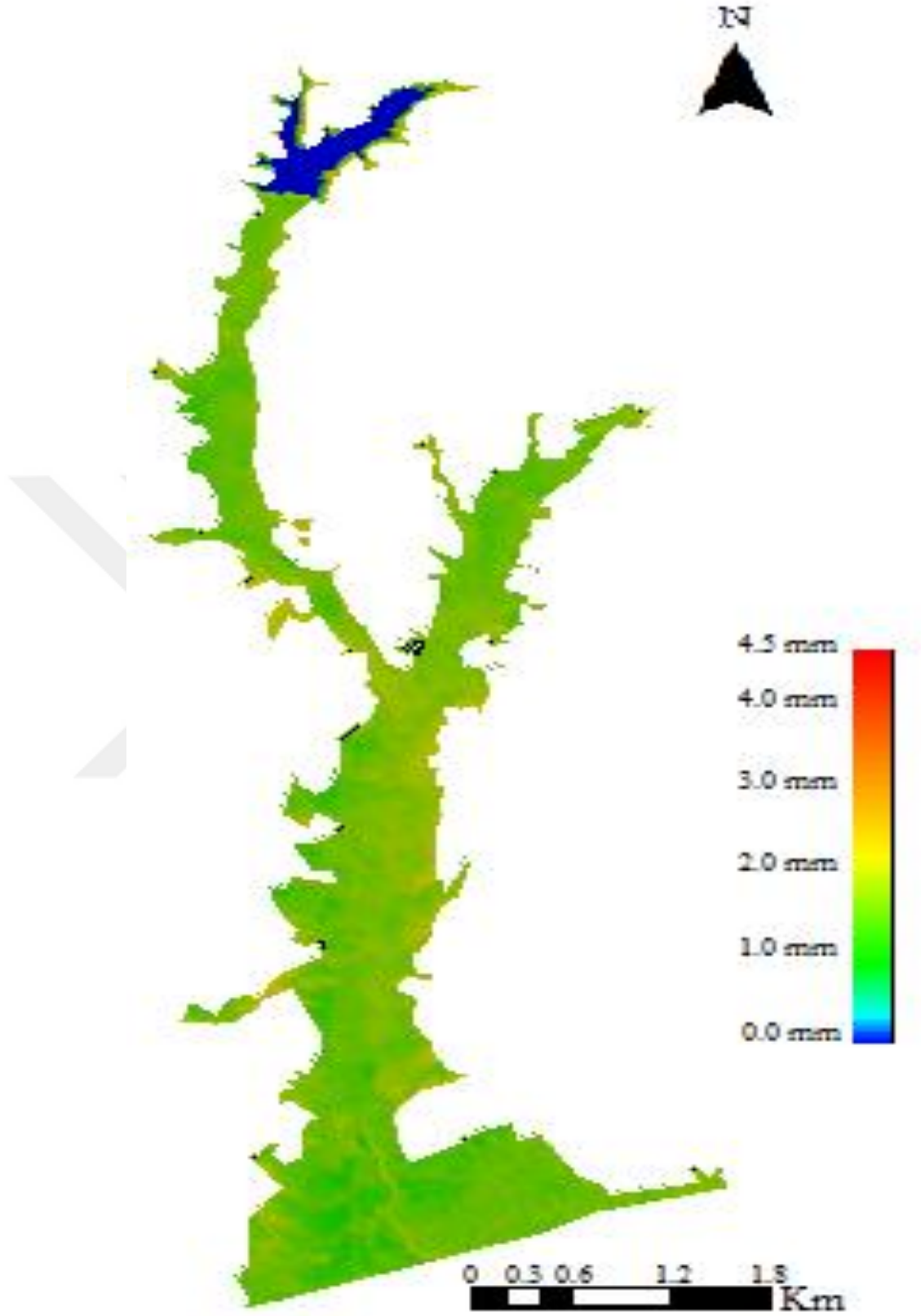
Şekil 5.16 8 Temmuz 2014 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.



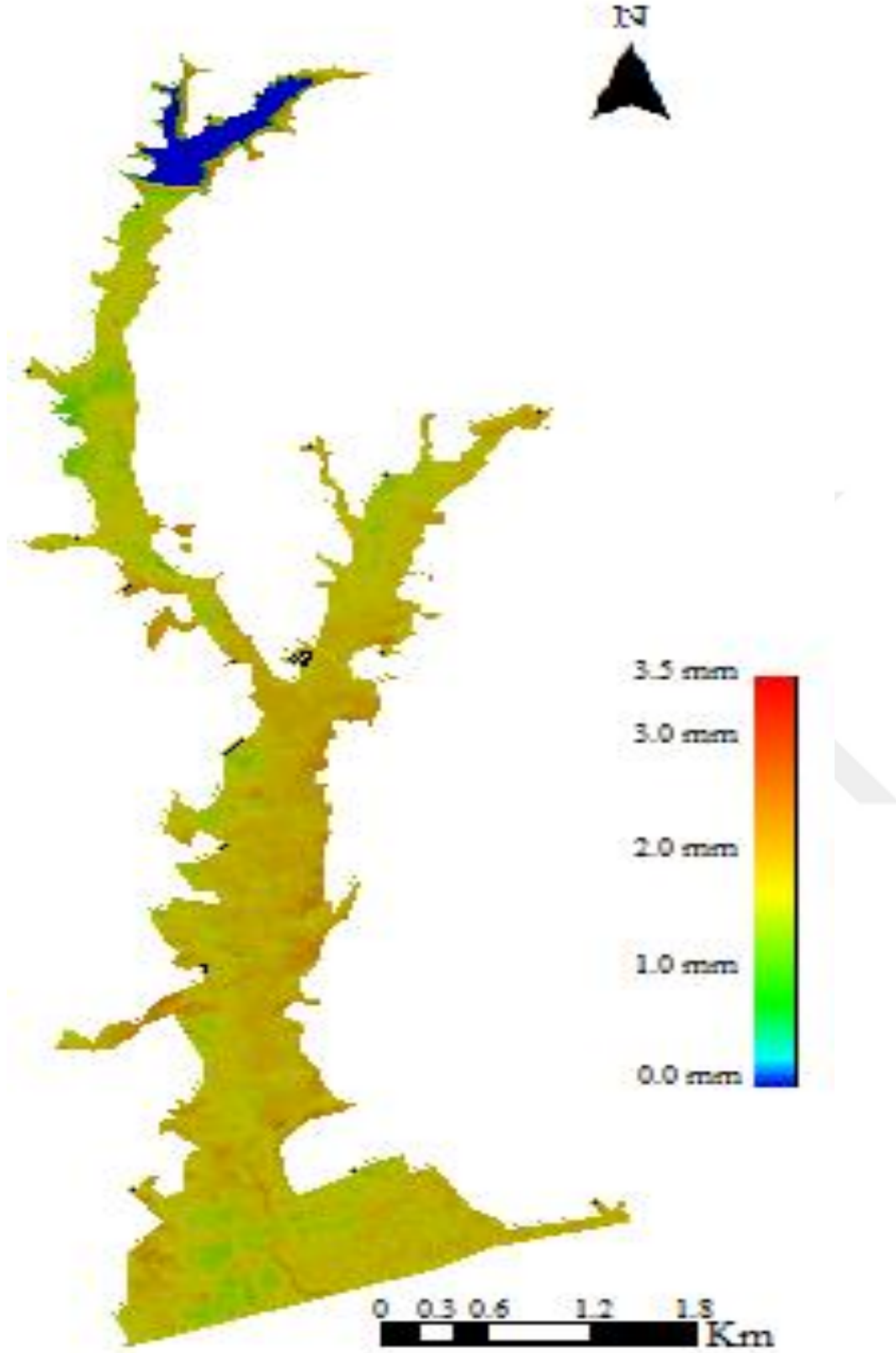
Şekil 5.17 25 Ağustos 2014 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.



Şekil 5.18 10 Eylül 2014 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.



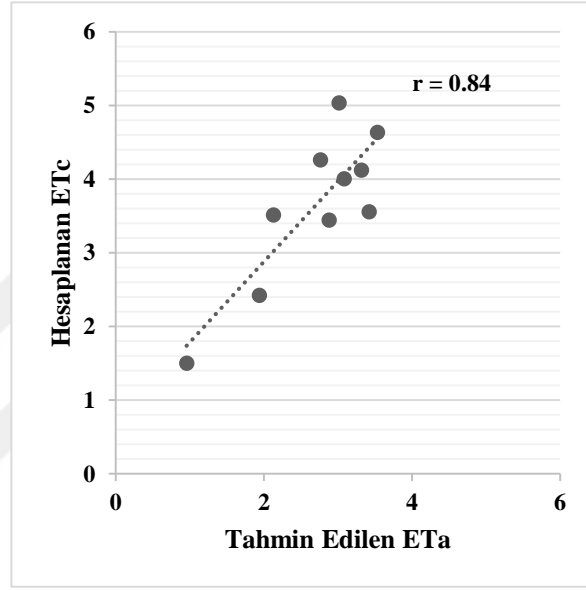
Şekil 5.19 19 Eylül 2014 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.



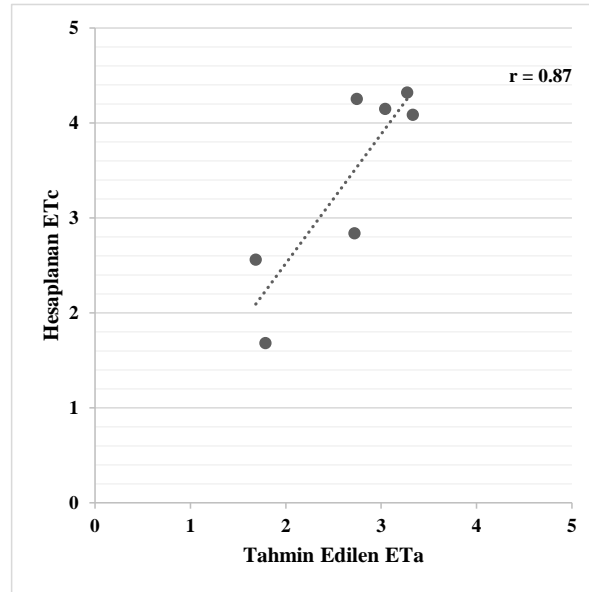
Şekil 5.20 21 Ekim 2014 tarihli uydu görüntüsüne ait bitki su tüketim haritası.

5.2.3 2013 ve 2014 yılları Mayıs-Ekim dönemine ait ET_a ve ET_c değerlerinin karşılaştırılması

Seferihisar-Kavakdere vadisi 2013 yılı Mayıs-Ekim döneminde narenciye alanlarına ait SEBAL ile tahmin edilen ET_a (mm/gün) ile hesaplanan ET_c (mm/gün) değerleri karşılaştırılmıştır. Tahmin edilen ET_a ile hesaplanan ET_c değerleri arasındaki lineer ilişkinin r değeri narenciye alanlarında 2013 yılı için 0.84, 2014 yılı için ise 0.87 olarak bulunmuştur (Şekil 5.21-5.22).

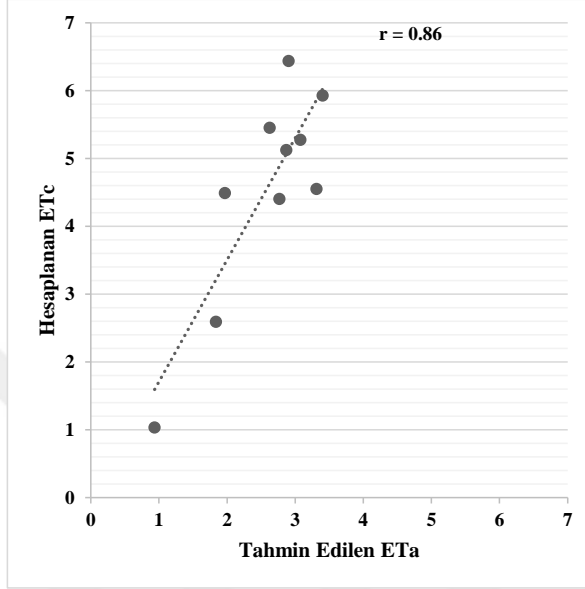


Şekil 5.21 2013 yılında narenciye ET_a ve ET_c değerlerinin karşılaştırılması.

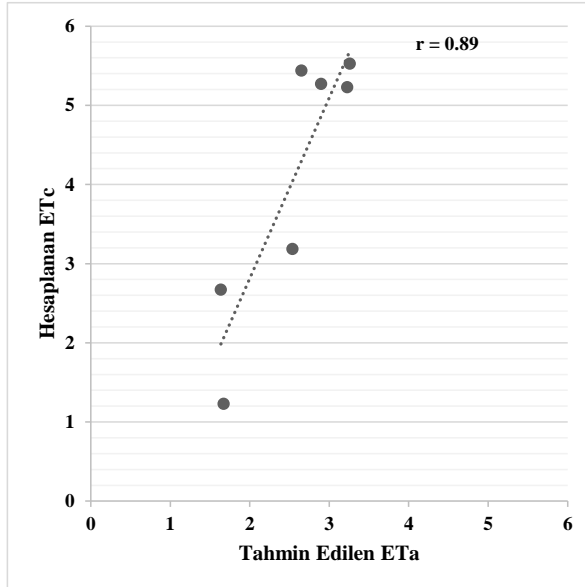


Şekil 5.22 2014 yılında narenciye ET_a ve ET_c değerlerinin karşılaştırılması.

Seferihisar-Kavakdere vadisi 2013 ve 2014 yılı Mayıs-Ekim döneminde bağ alanlarına ait tahmin edilen ET_a (mm/gün) ile hesaplanan ET_c (mm/gün) değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.23 ve Şekil 5.24’de verilmiştir. Tahmin edilen ET_a ile hesaplanan ET_c değerleri arasındaki lineer ilişkinin r değeri bağ alanlarında 2013 yılı için 0.86, 2014 yılı için ise 0.89 olarak bulunmuştur.

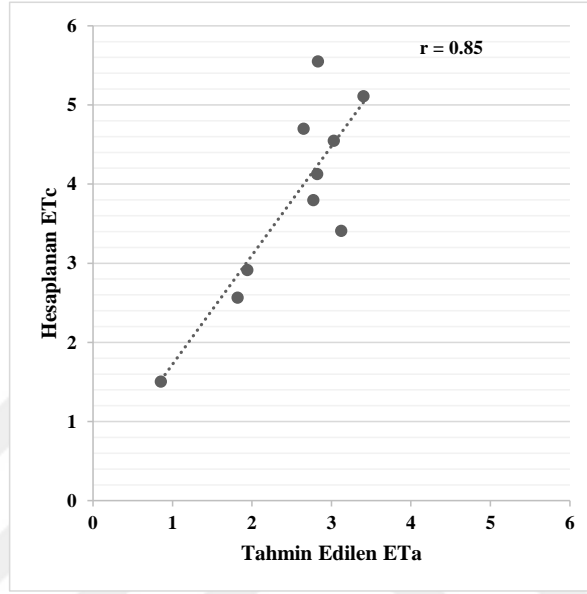


Şekil 5.23 2013 yılında bağ ET_a ve ET_c değerlerinin karşılaştırılması.

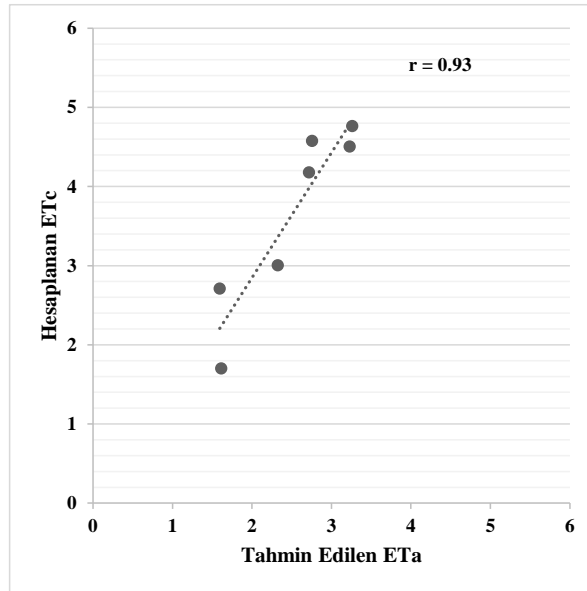


Şekil 5.24 2014 yılında bağ ET_a ve ET_c değerlerinin karşılaştırılması.

Seferihisar-Kavakdere vadisi 2013 ve 2014 yılı Mayıs-Ekim döneminde zeytin alanlarına ait tahmin edilen ET_a (mm/gün) ile hesaplanan ET_c (mm/gün) değerlerinin karşılaştırılması Şekil 5.25 ve Şekil 5.26'da verilmiştir. Tahmin edilen ET_a ile hesaplanan ET_c değerleri arasındaki lineer ilişkinin r değeri zeytin alanlarında 2013 yılı için 0.85, 2014 yılı için ise 0.93 olarak bulunmuştur.



Şekil 5.25 2013 yılında zeytin ET_a ve ET_c değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 5.26 2014 yılında zeytin ET_a ve ET_c değerlerinin karşılaştırılması.

2013 yılında en yüksek ET_a değerleri; narenciyede yaklaşık olarak 4,61 mm/gün (5 Temmuz tarihli görüntü), bağda 5.13 mm/gün (21 Temmuz tarihli görüntü) ve zeytinde 4.26 mm/gün (5 Temmuz 2013 tarihli görüntü) olarak bulunmuştur. En düşük ET_a değerleri ise 25 Ekim 2013 tarihli görüntüden elde edilmiş olup bu değerler narenciyede yaklaşık olarak 0.96 mm/gün, bağda 0.93 mm/gün ve zeytinde 0.85 mm/gün olarak gerçekleşmiştir.

2014 yılında en yüksek ET_a değerleri; narenciyede yaklaşık olarak 4.89 mm/gün (1 Temmuz tarihli görüntü), bağda 4.8 mm/gün (21 Temmuz tarihli görüntü) ve zeytinde 3.26 8 mm/gün (22 Haziran tarihli görüntü) olarak bulunmuştur. En düşük ET_a değerleri ise 19 Eylül 2014 tarihli görüntüden elde edilmiş olup bu değerler narenciyede yaklaşık olarak 1.69 mm/gün, bağda 1.64 mm/gün ve zeytinde 1.59 mm/gün olarak gerçekleşmiştir.

5.2.4 2013 ve 2014 yılları Mayıs-Ekim dönemine ait aylık bitki su tüketimleri

Seferihisar-Kavakdere vadisinde 2013 ve 2014 yılları için SEBAL ile elde edilen günlük bitki tüketimlerinden Mayıs-Ekim dönemine ait aylık ET_a değerleri tahmin edilmiştir. Daha sonra FAO-PM yönteminden potansiyel bitki su tüketimleri (ET_c) bulunmuş ve elde edilen aylık ET_c değerleriyle uydu verilerinden elde edilen aylık ET_a değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 5.27-5.32).

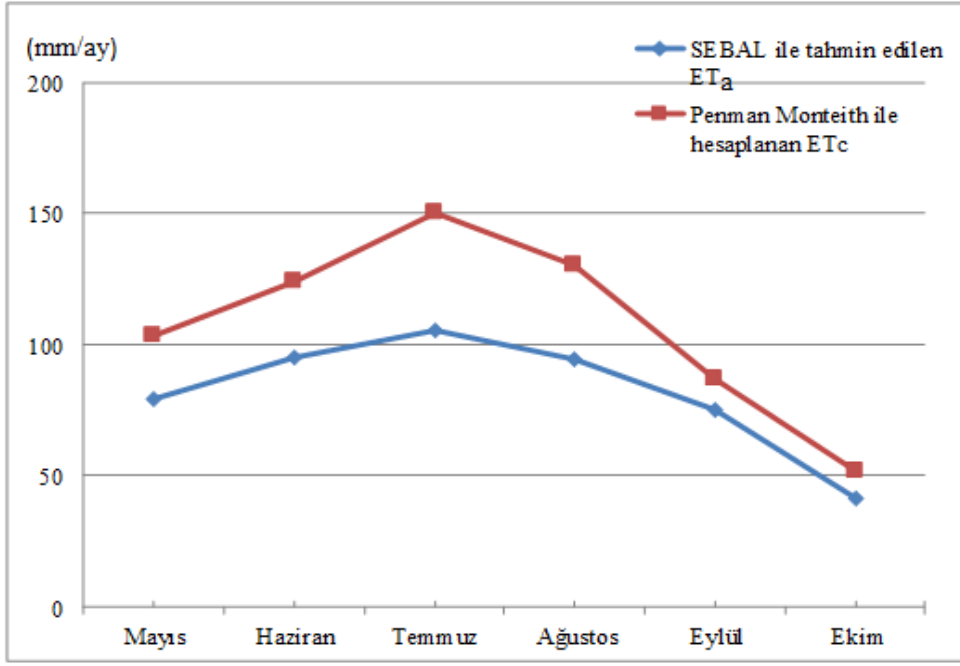
2013 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları narenciye ET_a değerleri, sırasıyla 79 mm, 95 mm, 105 mm, 94 mm, 75 mm ve 41 mm; ET_c değerleri ise 103 mm, 124 mm, 150 mm, 130 mm, 87 mm ve 52 mm olarak bulunmuştur. 2014 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları narenciye ET_a değerleri, sırasıyla 58 mm, 71 mm, 114 mm, 98 mm, 58 mm ve 41 mm; ET_c değerleri ise 96 mm, 110 mm, 131 mm, 115 mm, 77 mm ve 56 mm olarak bulunmuştur.

2013 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları bağ ET_a değerleri, sırasıyla 75 mm, 88 mm, 101 mm, 90 mm, 72 mm ve 39 mm; ET_c değerleri ise 132 mm, 159 mm, 192 mm, 165 mm, 94 mm ve 41 mm olarak

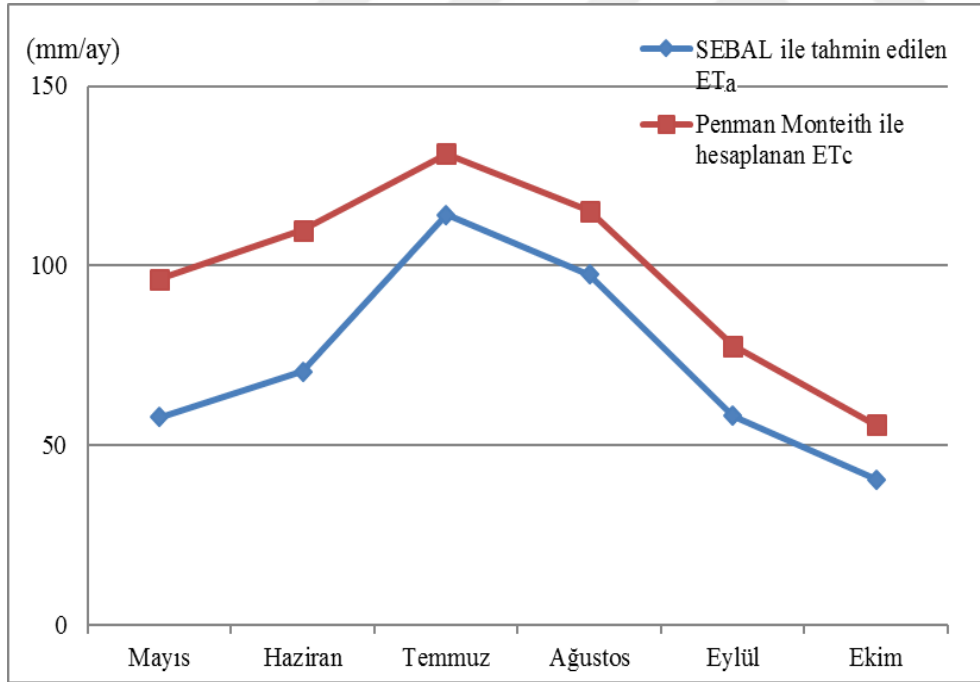
bulunmuştur. 2014 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları bağ ET_a değerleri, sırasıyla 56 mm, 69 mm, 111 mm, 94 mm, 55 mm ve 39 mm; ET_c değerleri ise 123 mm, 140 mm, 168 mm, 147 mm, 84 mm ve 45 mm olarak bulunmuştur.

2013 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları zeytin ET_a değerleri, sırasıyla 72 mm, 87 mm, 101 mm, 89 mm, 72 mm ve 38 mm; ET_c değerleri ise 98 mm, 136 mm, 166 mm, 143 mm, 92 mm ve 53 mm olarak bulunmuştur. 2014 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim ayları zeytin ET_a değerleri, sırasıyla 57 mm, 70 mm, 111 mm, 93 mm, 52 mm ve 38 mm; ET_c değerleri ise 92 mm, 121 mm, 145 m, 12 6mm, 82 mm ve 57 mm olarak bulunmuştur.

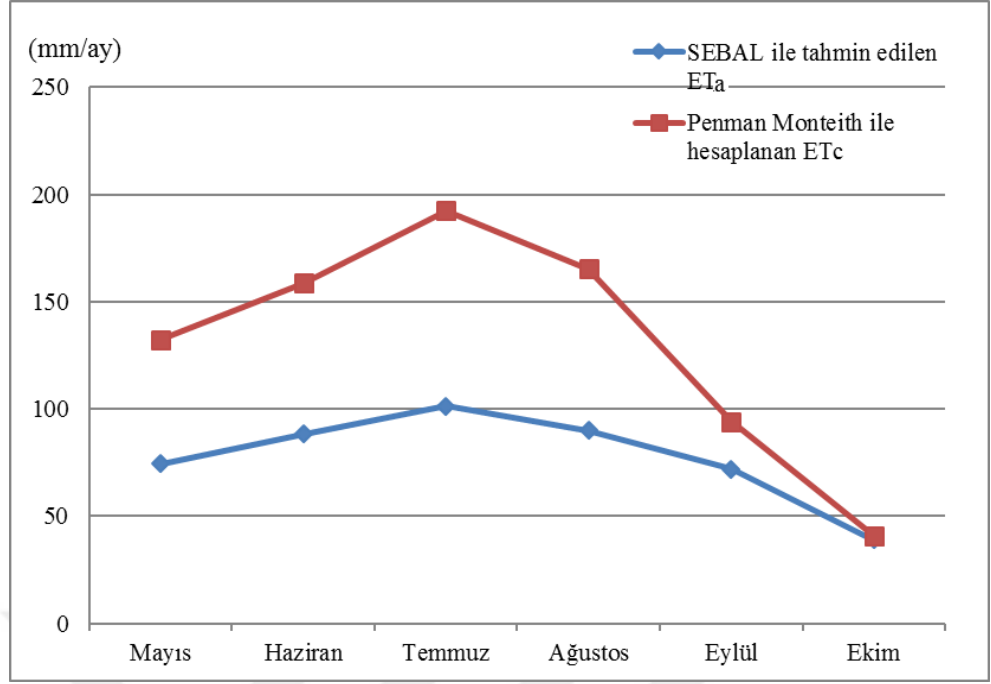
Her iki yıl birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek ET_a ve ET_c değerlerinin Temmuz ayında gerçekleştiği görülmektedir. Aynı zamanda bitki su tüketim değerlerinin azalmaya başlaması da yine Temmuz ayından itibaren olmuştur.



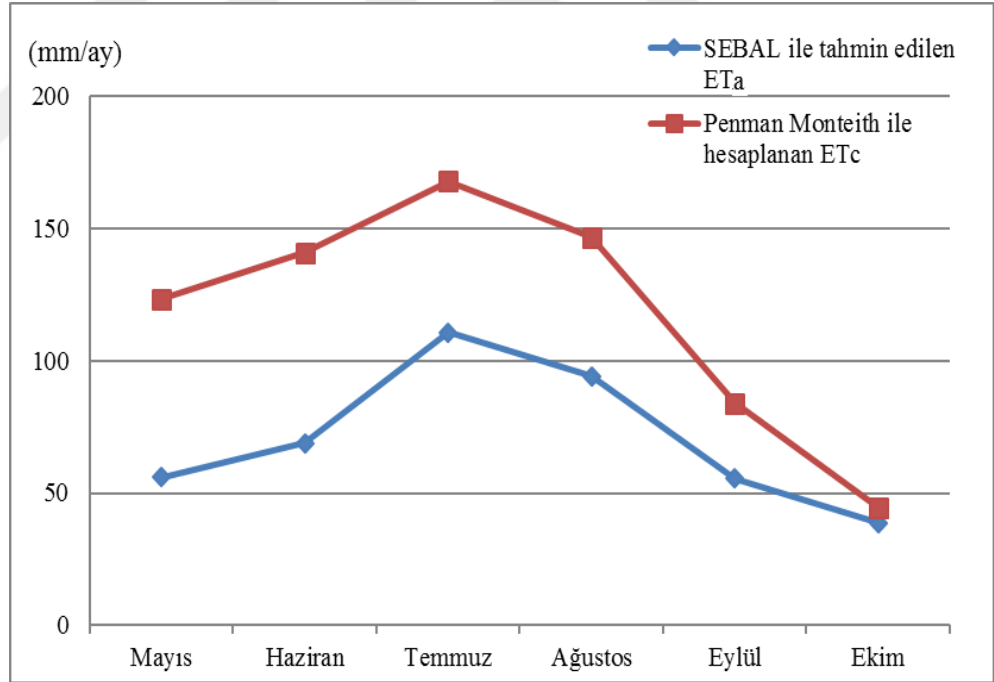
Şekil 5.27 2013 yılı Mayıs-Ekim dönemine ait narenciye aylık ET_a ve ET_c değerleri.



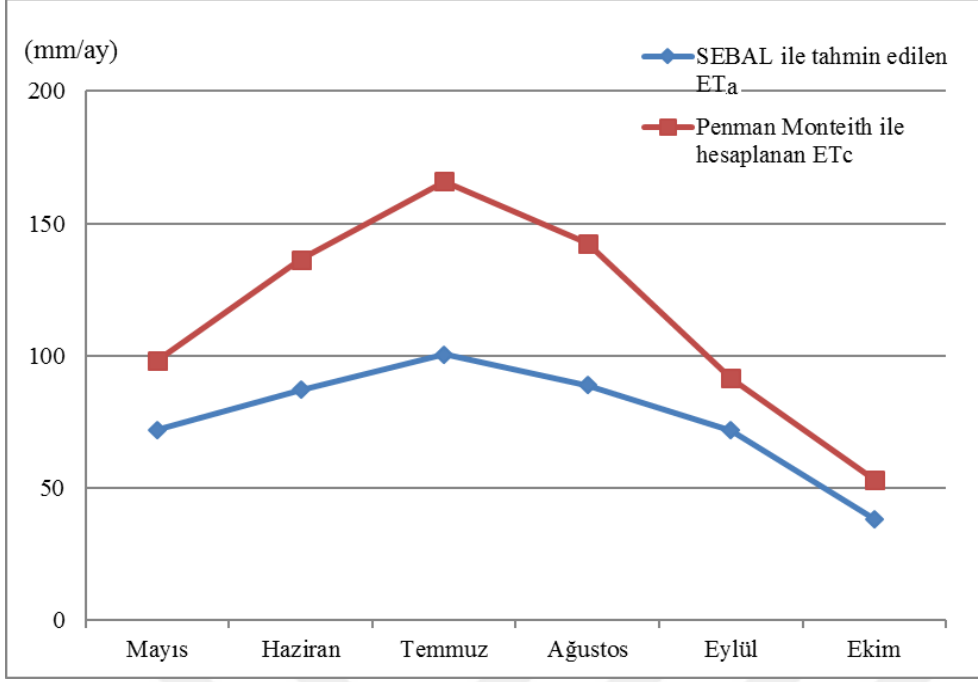
Şekil 5.28 2014 yılı Mayıs-Ekim dönemine ait narenciye aylık ET_a ve ET_c değerleri.



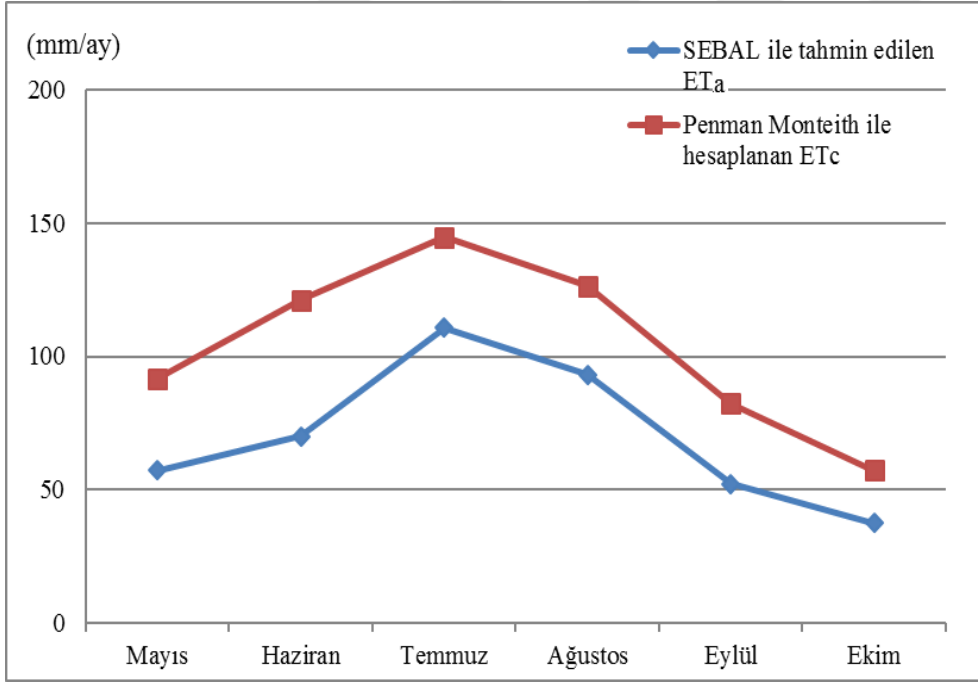
Şekil 5.29 2013 yılı Mayıs-Ekim dönemine ait aylık ET_a ve ET_c değerleri.



Şekil 5.30 2014 yılı Mayıs-Ekim dönemine ait aylık ET_a ve ET_c değerleri.



Şekil 5.31 2013 yılı Mayıs-Ekim dönemine ait zeytin aylık ET_a ve ET_c değerleri.



Şekil 5.32 2014 yılı Mayıs-Ekim dönemine ait aylık zeytin ET_a ve ET_c değerleri.

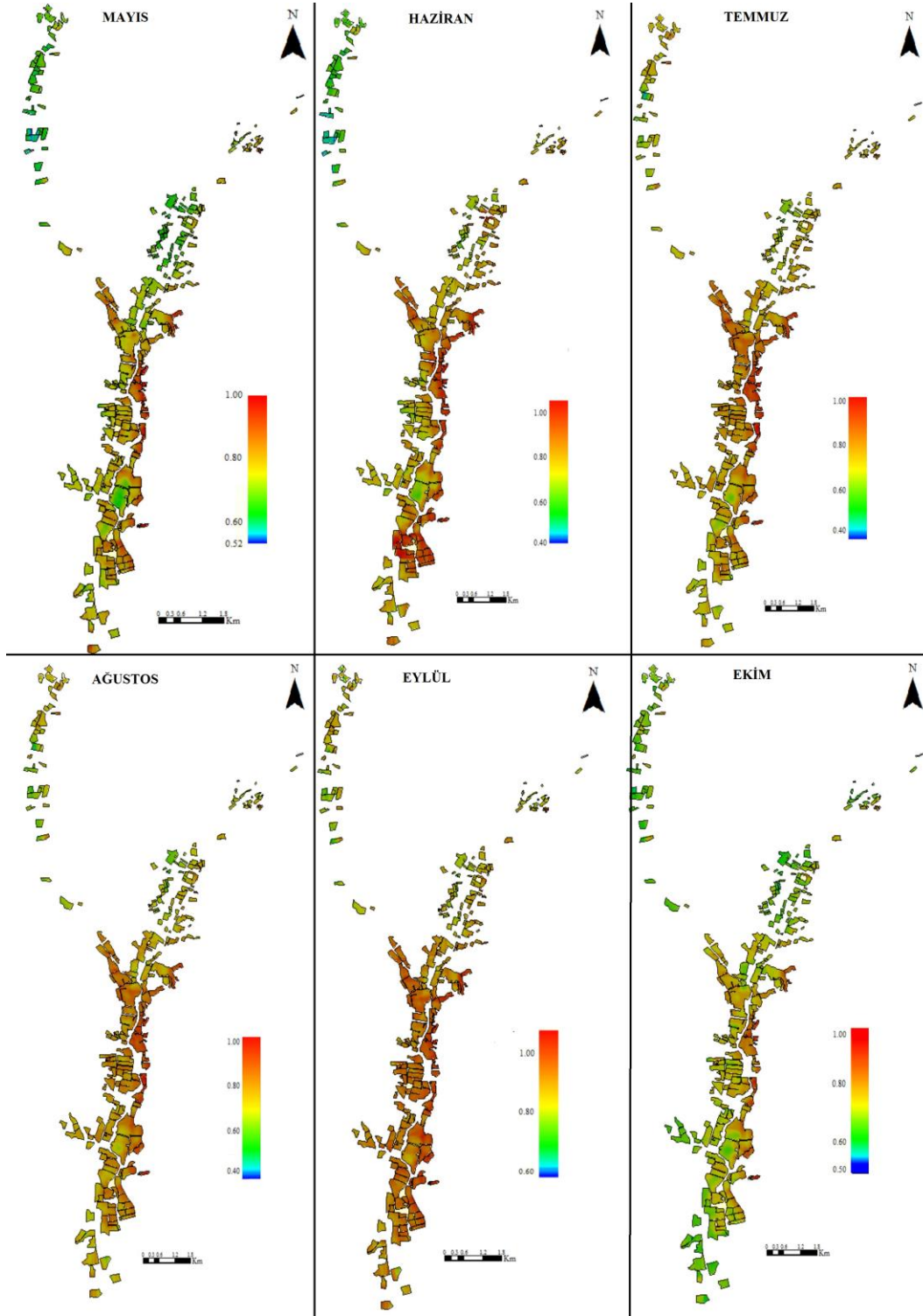
Her iki yılda da her üç bitki için elde edilen Mayıs-Ekim dönemine ait toplam ET_a ve ET_c değerleri ile her iki yılın ortalama ET_a ve ET_c değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 2013 ve 2014 yılı toplam ve ortalama bitki su tüketimleri (mm).

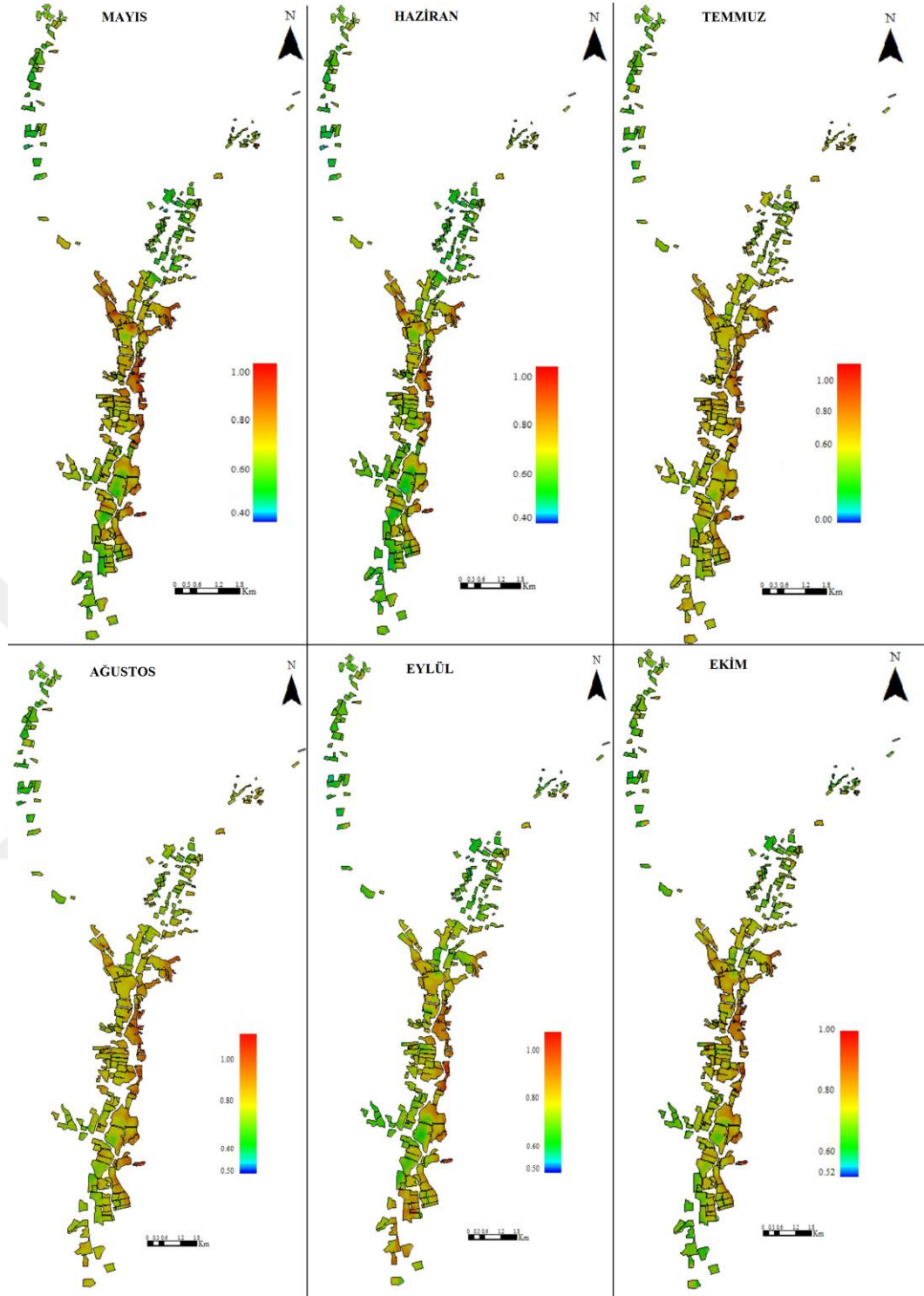
	Bitki Çeşidi	2013	2014	Ortalama
ET_a	Narenciye	489	440	465
	Bağ	465	424	445
	Zeytin	459	421	440
ET_c	Narenciye	646	586	616
	Bağ	783	708	746
	Zeytin	688	623	656

5.2.5 2013 ve 2014 yılı RET ve CV değerleri

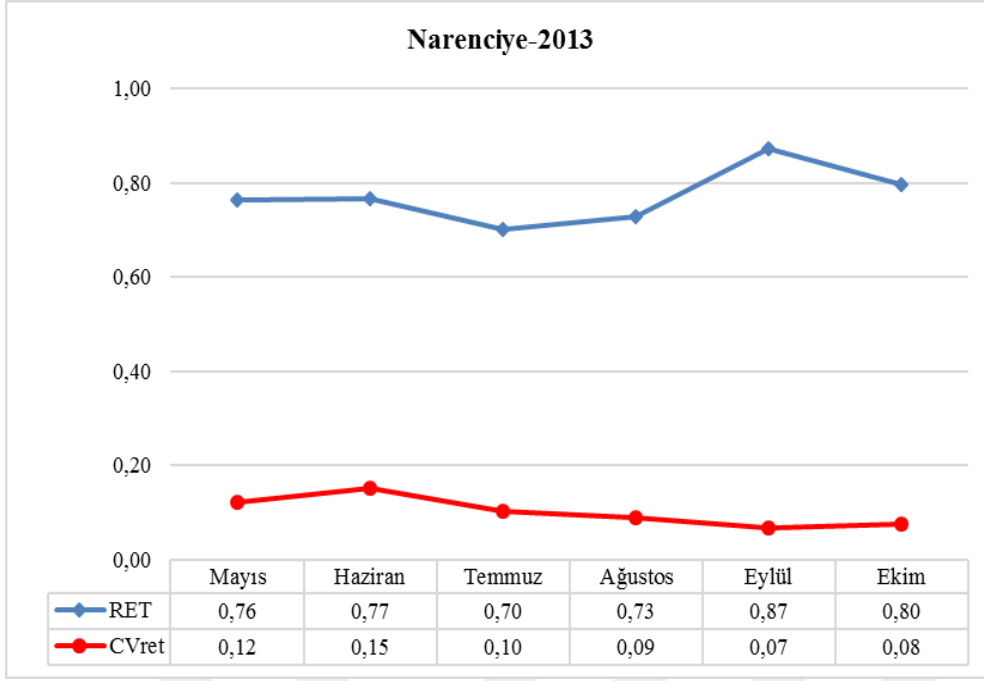
Bitki su tüketiminin ay bazında ne kadarının karşılandığının belirlenmesi için bitki su tüketiminin potansiyel bitki su tüketimine oranını gösteren ET (RET) değerleri ve bu değerlerin varyasyon katsayıları (CV_{ret}) her iki yıl ve her üç bitki için aylık olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.33-5.44). Narenciye, bağ ve zeytin alanlarına ait RET haritaları Şekil 5.33-5.34, Şekil 5.37-5.38 ve Şekil 5.41-5.42’de verilmiştir.



Şekil 5.33 2013 yılı narenciye alanlarına ait RET haritaları

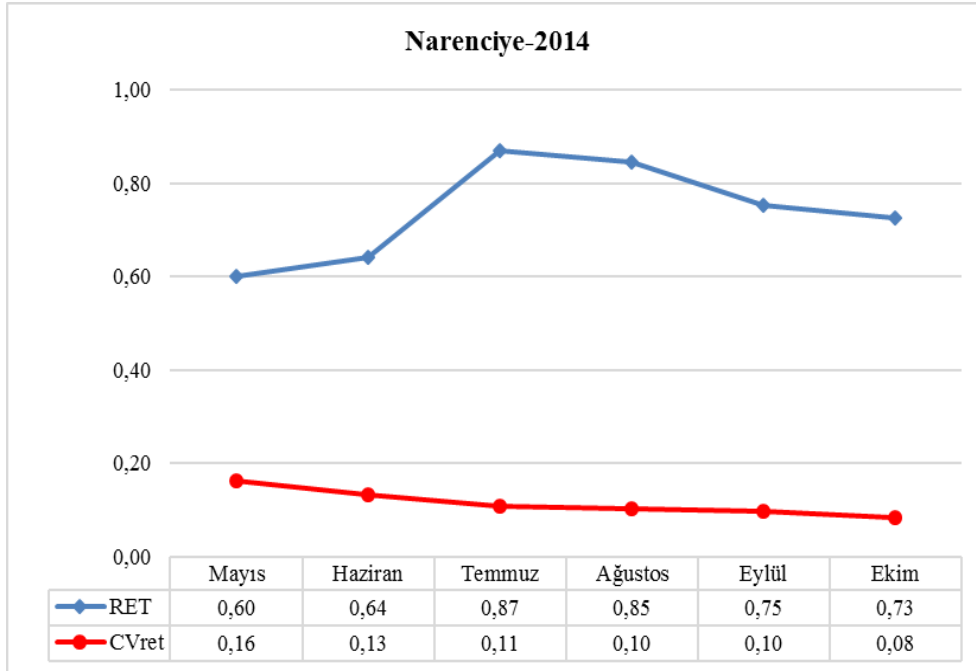


Şekil 5.34 2014 yılı narenciye alanlarına ait RET haritaları



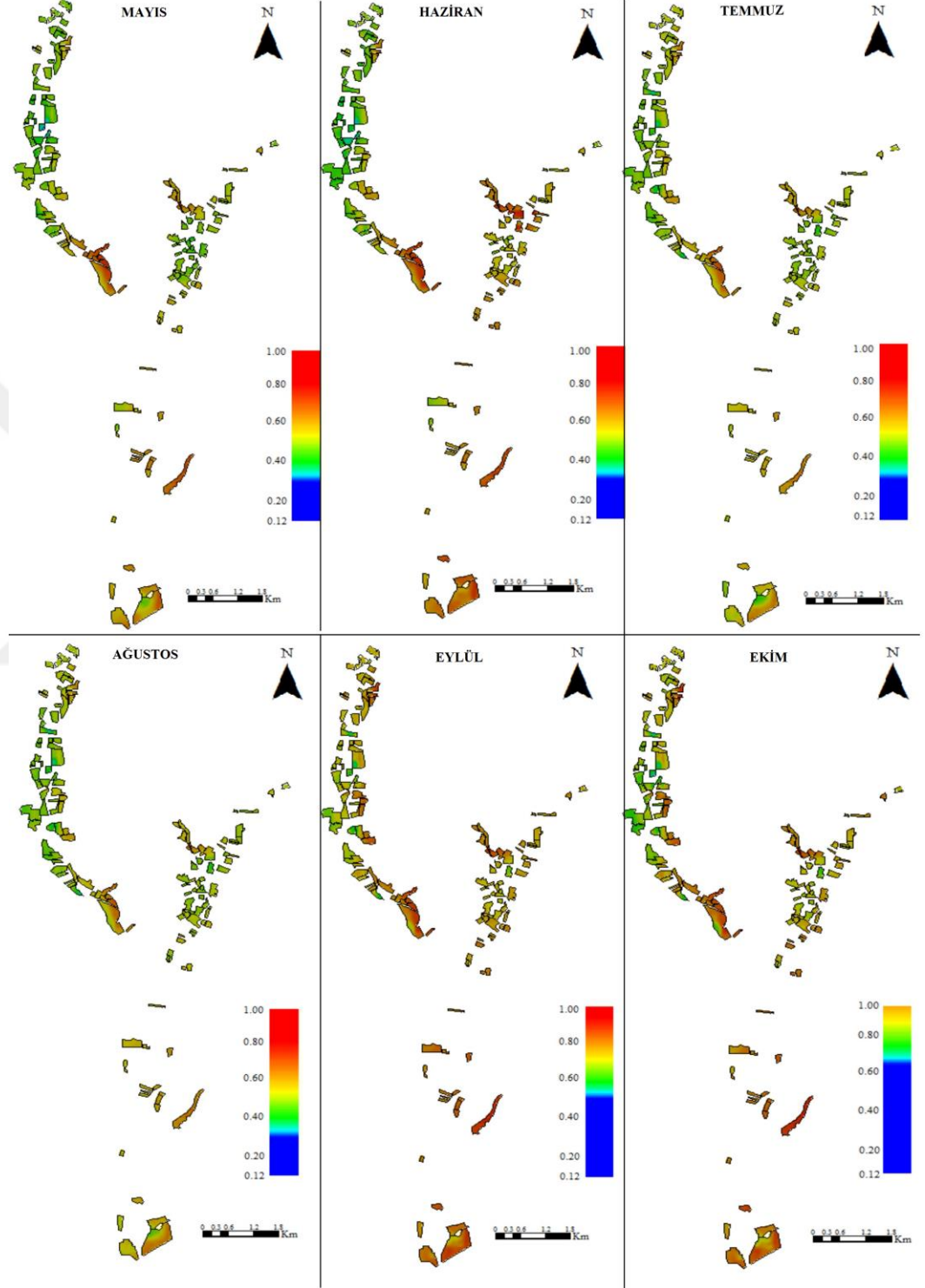
Şekil 5.35 2013 yılı narenciyeye ait RET ve CV değerleri.

Şekil 5.35’den görüleceği üzere, 2013 yılında narenciyeye ait RET değerleri 0.70 ile 0.87 arasında değişirken en düşük değer 0.70 ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. CV_{ret} değerleri ise 0.07-0.15 arasında değişmiştir.

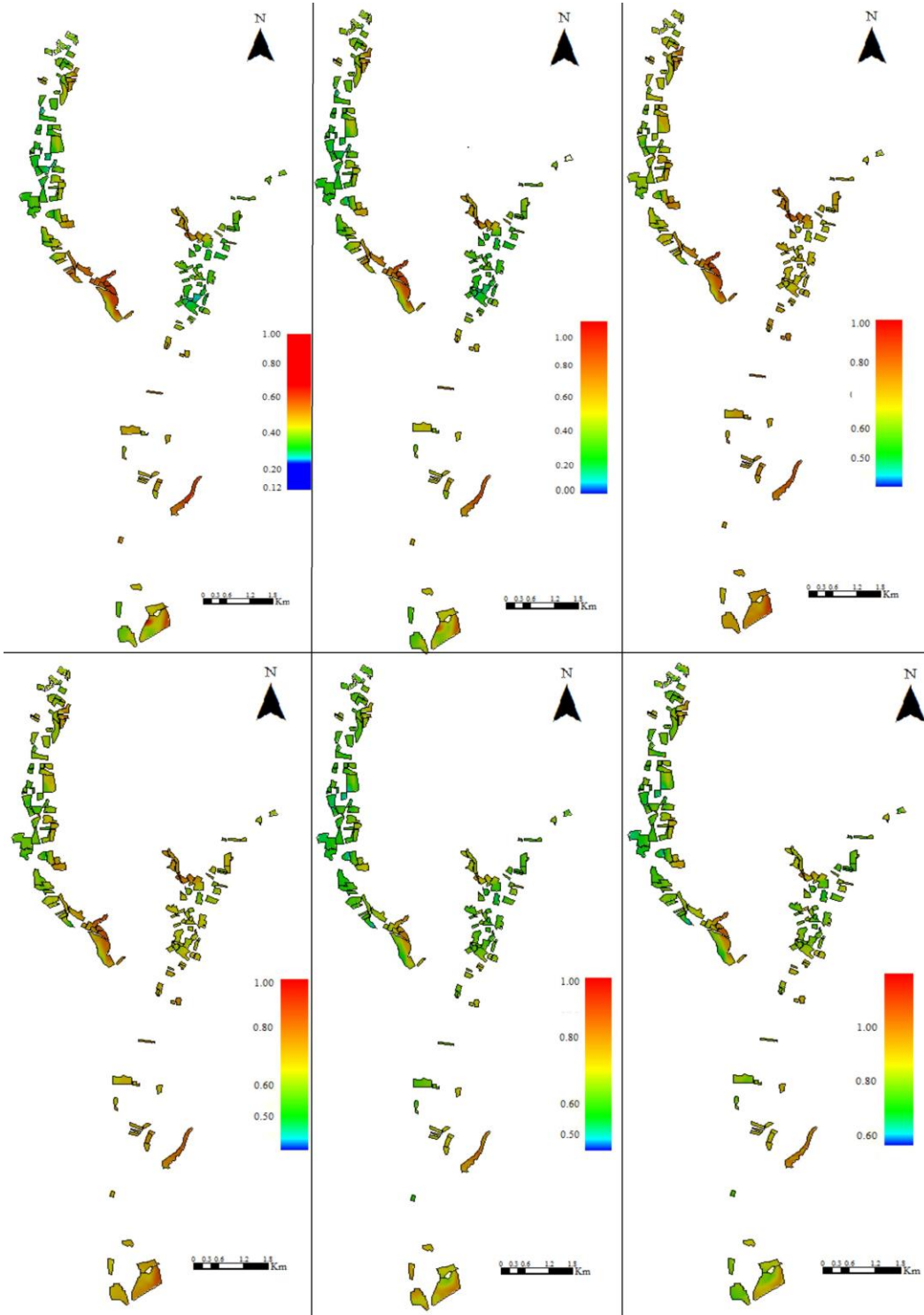


Şekil 5.36 2014 yılı narenciyeye ait RET ve CV değerleri.

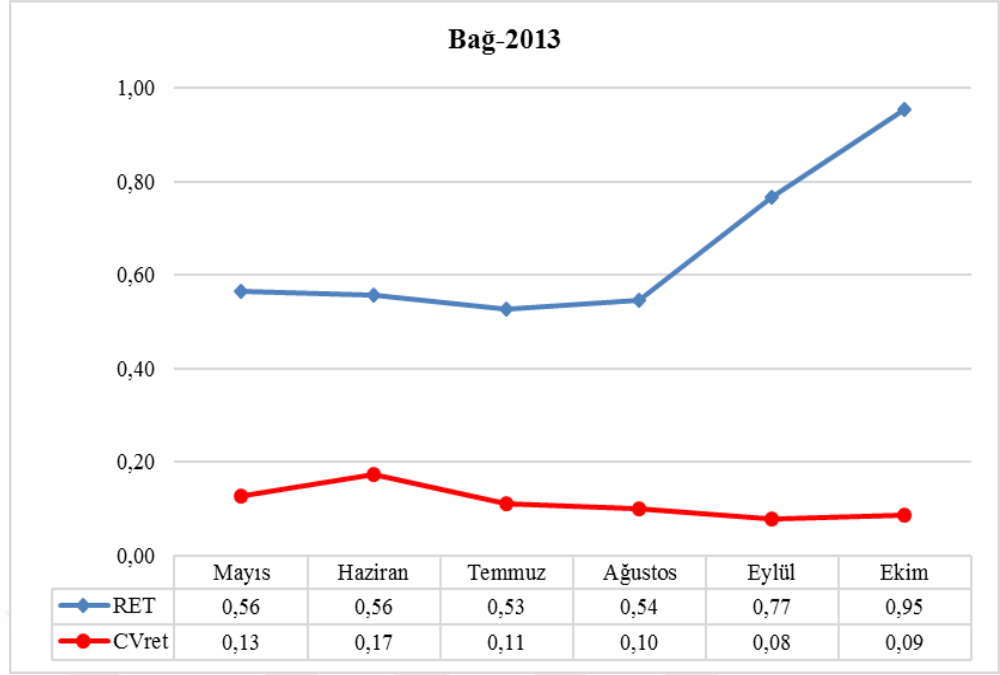
Şekil 5.36'dan görüleceği üzere, 2014 yılında narenciyeye ait RET değerleri 0.60 ile 0.87 arasında değişirken en düşük değer 0.60 ile Mayıs ayında gerçekleşmiştir. CV_{ret} değerleri ise 0.08-0.16 arasında değişmiştir.



Şekil 5.37 2013 yılı bağ alanlarına ait RET haritaları

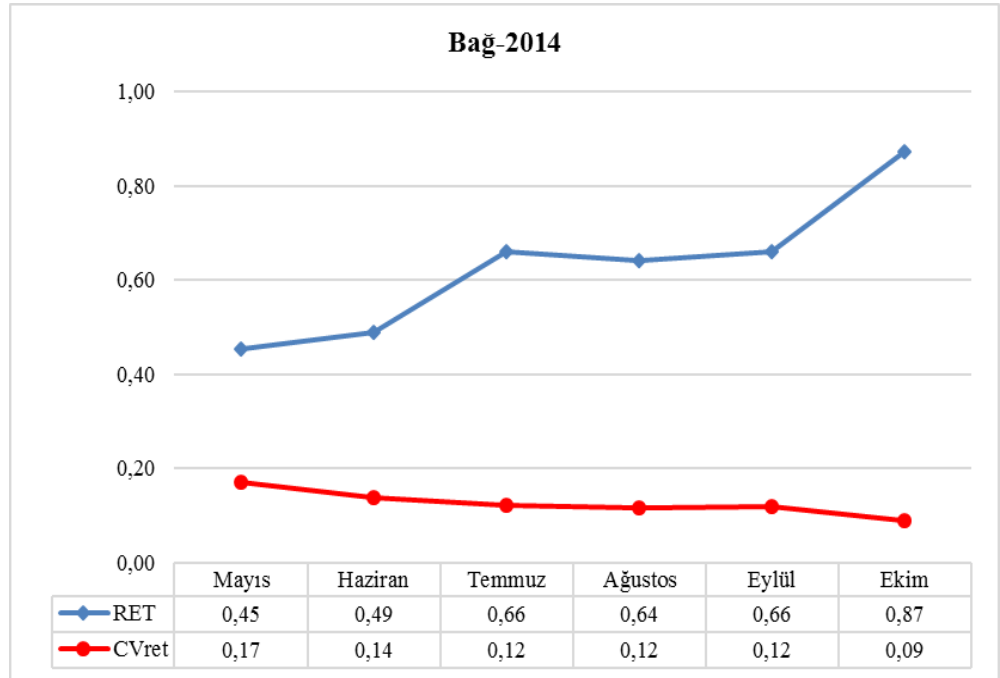


Şekil 5.38 2014 yılı bağ alanlarına ait RET haritaları



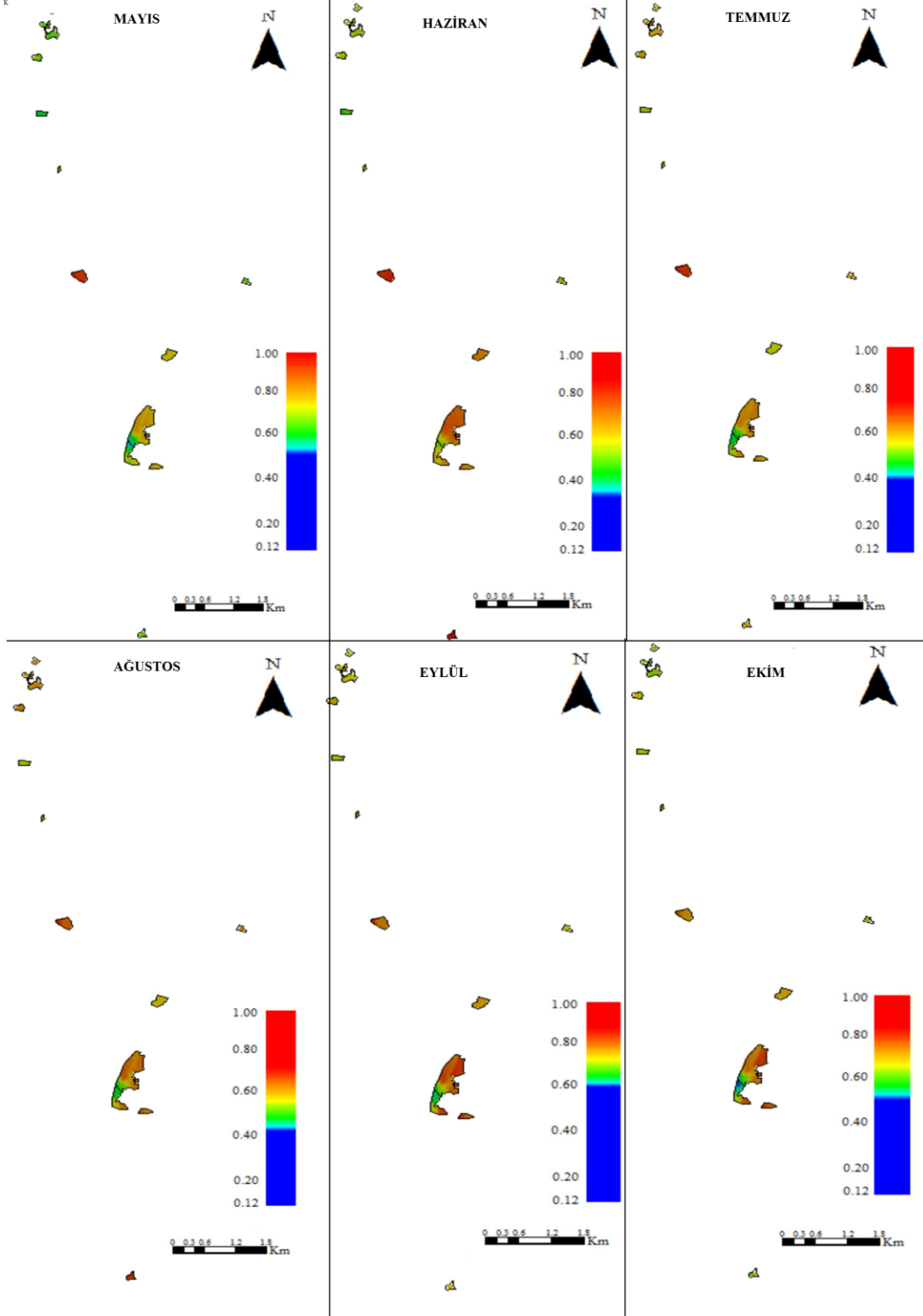
Şekil 5.39 2013 yılı bağa ait RET ve CV değerleri.

Şekil 5.39'dan görüleceği üzere, 2013 yılında bağa ait RET değerleri 0.53 ile 0.95 arasında değişirken en düşük değer 0.53 ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. CV_{ret} değerleri ise 0.08-0.17 arasında değişmiştir.

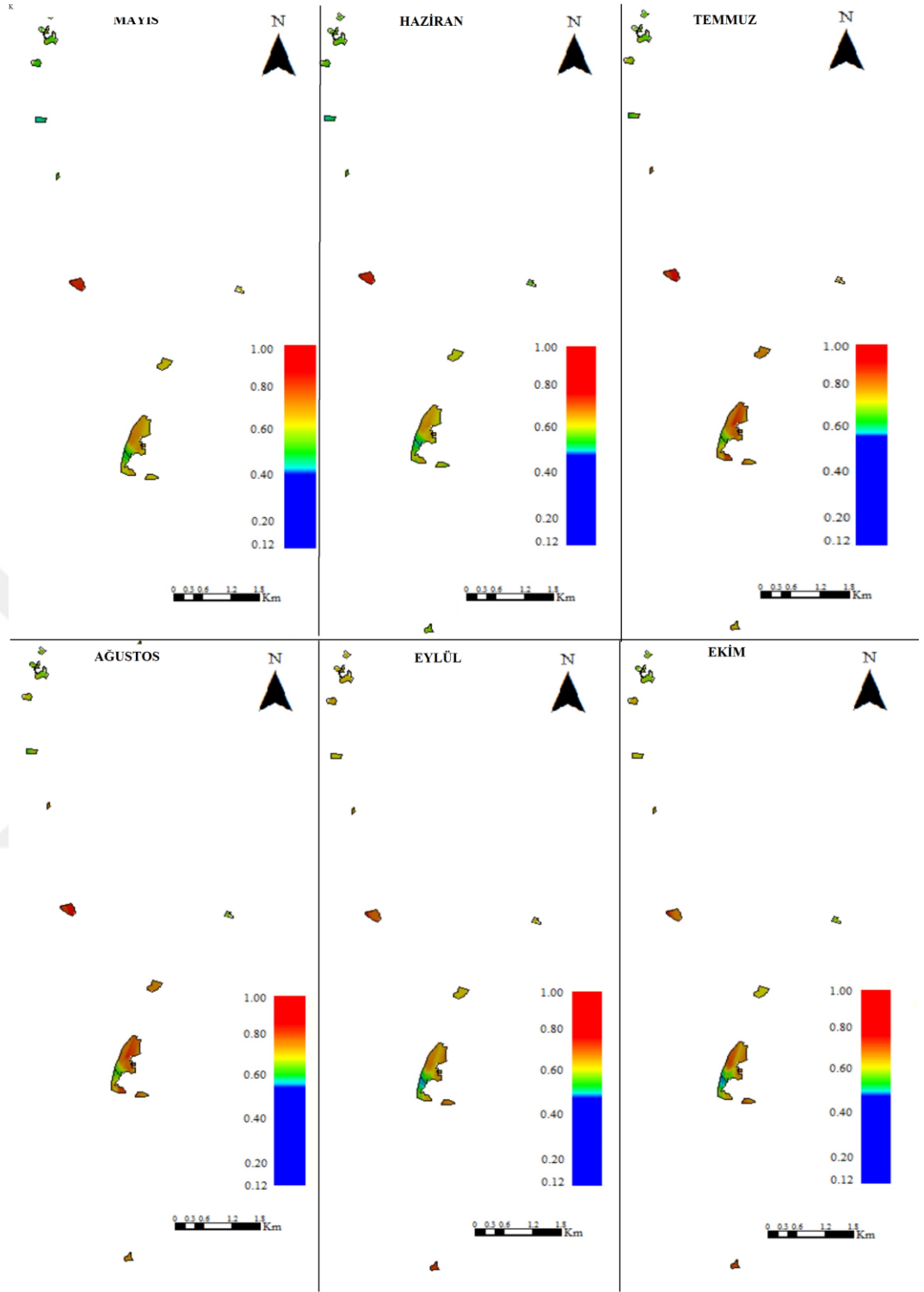


Şekil 5.40 2014 yılı bağa ait RET ve CV değerleri.

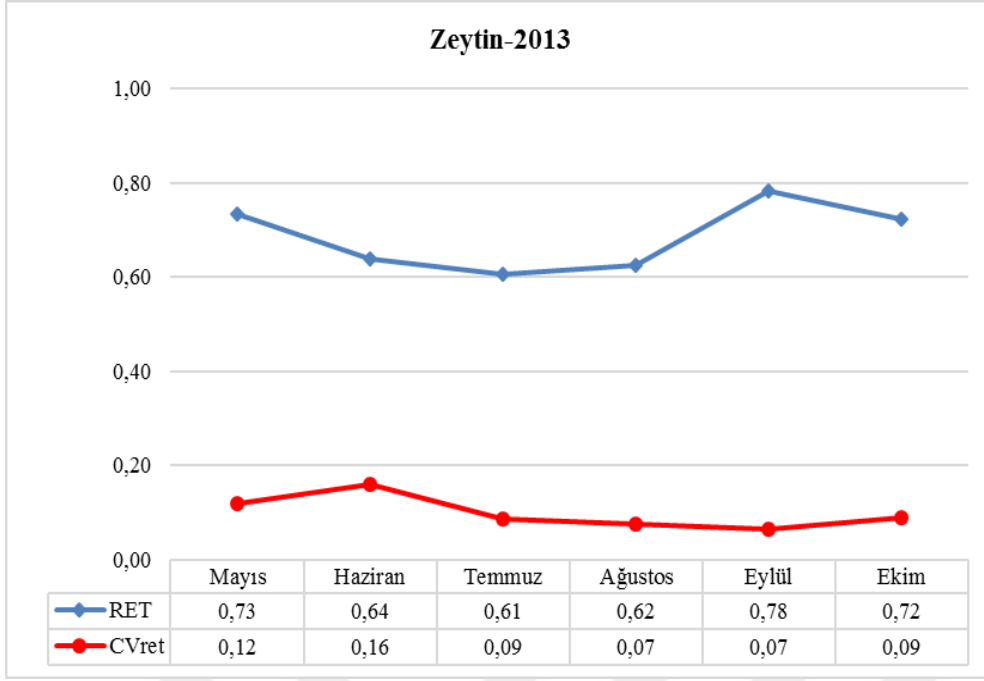
Şekil 5.40'den görüleceği üzere, 2014 yılında bağa ait RET değerleri 0.45 ile 0.87 arasında değişirken en düşük değer 0.45 ile Mayıs ayında gerçekleşmiştir. CV_{ret} değerleri ise 0.09-0.17 arasında değişmiştir.



Şekil 5.41 2013 yılı zeytin alanlarına ait RET haritaları.

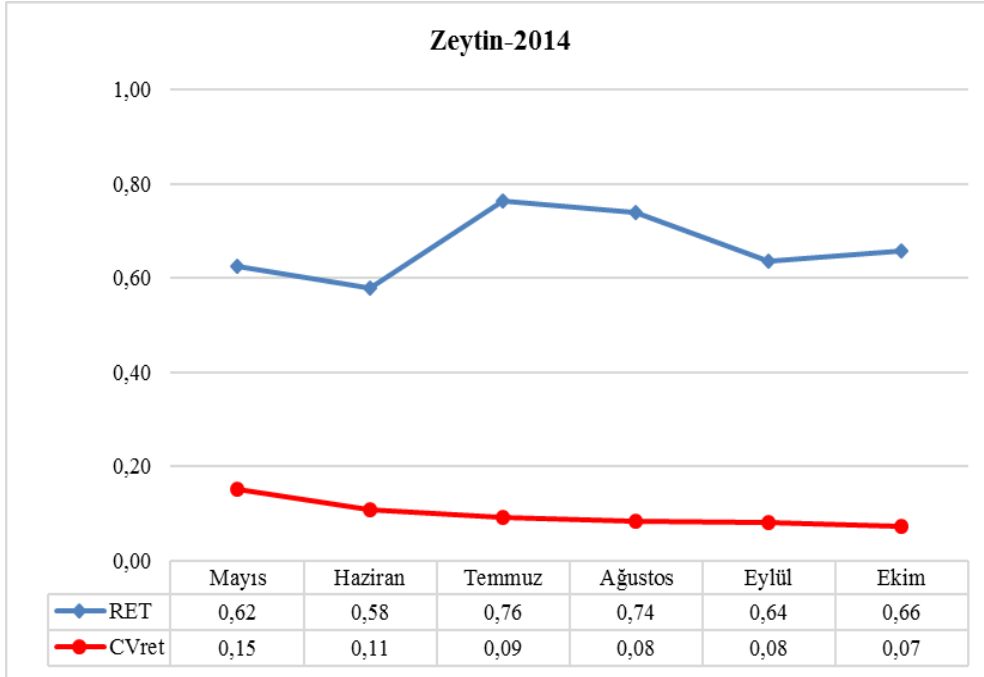


Şekil 5.42 2014 yılı zeytin alanlarına ait RET haritaları.



Şekil 5.43 2013 yılı zeytine ait RET ve CV değerleri.

Şekil 5.43'den görüleceği üzere, 2013 yılında zeytine ait RET değerleri 0.61 ile 0.78 arasında değişirken en düşük değer 0.61 ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. CV_{ret} değerleri ise 0.07-0.16 arasında değişmiştir.



Şekil 5.44 2014 yılı zeytine ait RET ve CV değerleri.

Şekil 5.44'den görüleceği üzere, 2014 yılında başta ait RET değerleri 0.54 ile 0.76 arasında değişirken en düşük değer 0.54 ile Mayıs ayında gerçekleşmiştir. CV_{ret} değerleri ise 0.07-0.15 arasında değişmiştir.



6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada; Seferihisar-Kavakdere vadisi sulama alanında, SEBAL yüzey enerji dengesi modeli kullanılarak gerçek bitki su tüketimleri (ET_a), iklim verileri kullanılarak FAO Penman-Monteith yöntemiyle de potansiyel bitki su tüketimleri (ET_c) hesaplanmıştır. Daha sonra, sulama alanındaki güncel bitki deseni, hava orto fotoğrafları ile belirlenerek her bir ürün için ET_a ile ET_c arasındaki ilişki, korelasyon (r) ile belirlenmiştir. Elde edilen ET_a ve ET_c değerleri kullanılarak aylık RET ve CV_{RET} değerleri hesaplanmıştır. 2013-2014 yılı Mayıs-Ekim dönemine ait hesaplanan bu aylık RET değerleri, birbirleriyle karşılaştırılarak su teminin yeterliliği irdelenmiştir.

Mayıs-Ekim dönemine ait belirlenen günlük ET_a ile ET_c değerleri arasındaki ilişkinin r değerleri, 2013 yılında narenciye, bağ ve zeytin için sırasıyla **0.84**, 0.86 ve 0.85; 2014 yılında ise 0.87, 0.89 ve **0.93** olarak bulunmuştur (Şekil 5.21-5.26). Her iki yıl birlikte değerlendirildiğinde r değerlerinin 0.84-0.93 arasında değiştiği görülmektedir. Bu sonuçlar, ET_a değerlerinin ET_c değerlerine oldukça uyumlu olduğunu göstermektedir.

Mayıs-Ekim dönemine ait belirlenen aylık ET_a ile ET_c değerleri, 2013 yılında narenciye için sırasıyla 41-105 mm/ay ve 52-150 mm/ay arasında olmuştur (Şekil 5.27). Mayıs-Ekim dönemine ait belirlenen aylık ET_a ile ET_c değerleri, 2014 yılında narenciye için sırasıyla 41-114 mm/ay ve 56-131 mm/ay arasında olmuştur (Şekil 5.28). Her iki yıl için en yüksek bitki su tüketim değerleri hem ET_a 'da hem de ET_c 'de Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Bunun yanı sıra her iki yılda da bitki su tüketimi değerlerinin azalmaya başlaması Temmuz ayından itibaren olmuştur. Mayıs-Ekim dönemine ait toplam ET_a ve ET_c değerleri 2013 yılında sırasıyla 489 mm ve 646 mm, 2014 yılında ise 440 mm ve 586 mm olarak bulunmuştur (Çizelge 5.1). Köyişleri Bakanlığı (1997) tarafından İzmir'de yapılan bir araştırmada, Nisan ayından Ekim ayına kadar olan narenciye aylık bitki su tüketimleri, sırasıyla, 65, 109, 156.3, 185.1, 164.3, 106.9 ve 71.1 mm olarak belirlenmiştir (Can, 2007). Bornova yöresinde 2005 ve 2006 yıllarında yapılan bir arazi çalışmasında, 2005 yılının 01 Temmuz-16 Kasım dönemine ilişkin narenciye mevsimlik bitki su tüketimleri 395.0-532.6 mm arasında (Can, 2007), 2006 yılının

01 Temmuz-30 Ekim dönemine ilişkin su tüketimleri ise 471.3-816.8 mm arasında bulunmuştur (Can ve ark., 2014). Söz konusu çalışmalardan elde edilen değerler ile çalışmamızda bulunan değerler örtüşmektedir.

Mayıs-Ekim dönemine ait belirlenen aylık ET_a ile ET_c değerleri, 2013 yılında bağ için sırasıyla 39-101 mm/ay ve 41-192 mm/ay arasında olmuştur (Şekil 5.29). Mayıs-Ekim dönemine ait belirlenen aylık ET_a ile ET_c değerleri, 2014 yılında bağ için sırasıyla 39-111 mm/ay ve 45-168 mm/ay arasında olmuştur (Şekil 5.30). Her iki yıl için en yüksek bitki su tüketim değerleri hem ET_a 'da hem de ET_c 'de Temmuz ayında gerçekleşmiştir Bunun yanı sıra her iki yılda da bitki su tüketimi değerlerinin azalmaya başlaması Temmuz ayından itibaren olmuştur. Mayıs-Ekim dönemine ait toplam ET_a ve ET_c değerleri 2013 yılında sırasıyla 465 mm ve 783 mm, 2014 yılında ise 424 mm ve 708 mm olarak bulunmuştur (Çizelge 5.1). Çukurova Üniversitesi bağcılık araştırma alanında yapılan bir çalışmada, bağın mevsimlik bitki su tüketimleri, farklı sulama konularına göre yaklaşık 266-652 mm arasında olmuştur (Ağar, 2010). Gündüz ve Korkmaz (2008), Menemen yöresinde yaptıkları bir çalışmada, bağın bitki su tüketimini, 1999 yılı Mart-Eylül dönemi için 333-611 mm; 2000 yılı Mart-Eylül dönemi için 344-576 mm; 2001 yılı Mart-Eylül dönemi için ise 363-562 mm arasında bulmuşlardır. Söz konusu çalışmalardan elde edilen değerler ile çalışmamızda bulunan değerler örtüşmektedir.

Mayıs-Ekim dönemine ait belirlenen aylık ET_a ile ET_c değerleri, 2013 yılında zeytin için sırasıyla 38-101 mm/ay ve 53-166 mm/ay arasında olmuştur (Şekil 5.31). Mayıs-Ekim dönemine ait belirlenen aylık ET_a ile ET_c değerleri, 2014 yılında zeytin için sırasıyla 38-111 mm/ay ve 57-145 mm/ay arasında olmuştur (Şekil 5.32). Her iki yıl için en yüksek bitki su tüketim değerleri hem ET_a 'da hem de ET_c 'de Temmuz ayında gerçekleşmiştir Bunun yanı sıra her iki yılda da bitki su tüketimi değerlerinin azalmaya başlaması Temmuz ayından itibaren olmuştur. Mayıs-Ekim dönemine ait toplam ET_a ve ET_c değerleri 2013 yılında sırasıyla 459 mm ve 688 mm, 2014 yılında ise 421 mm ve 623 mm olarak bulunmuştur (Çizelge 5.1). Bornova Zeytin Araştırma Enstitüsü'nde yürütülen bir çalışmada, 2008 yılının Haziran-Eylül dönemine ilişkin zeytin mevsimlik bitki su tüketimi 704 mm, 2009 yılının Haziran-Eylül dönemine ilişkin su tüketimi 604

mm ve 2010 yılının Temmuz-Eylül dönemine ilişkin su tüketimi ise 595 mm olarak gerçekleşmiştir (Aşık et al., 2014). İzmir-Kemalpaşa yöresinde yapılan bir başka çalışmada, diğer çalışmalardan farklı olarak yüzey sulama yöntemiyle sulanan zeytinin mevsimsel bitki su tüketimi 616 mm olarak bulunmuştur (Özkara ve Özyılmaz, 1989). Söz konusu çalışmalardan elde edilen değerler ile çalışmamızda bulunan değerler arasındaki farklar, çalışma alanımızda bulunan bazı zeytin alanlarının sulanmamasından, toprak ve iklimsel farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Mayıs-Ekim dönemine ait belirlenen aylık RET değerleri, 2013 yılında narenciye için 0.70-0.87 arasında olurken 2014 yılında bu değerler 0.60-0.87 arasında olmuştur (Şekil 5.35-5.36). Bağ için söz konusu değerler sırasıyla 0.53-0.95 ve 0.45-0.87 arasında (Şekil 5.39-5.40) zeytin için sırasıyla 0.61-0.78 ve 0.58-0.76 arasında olmuştur (Şekil 5.43-5.44). Her üç bitki için RET dağılım haritaları incelendiğinde vadinin aşağı kısımlarında RET değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 5.33-5.34, Şekil 5.37-5.38, Şekil 5.41-5.42). Her iki yıl birlikte değerlendirildiğinde, en yüksek RET değerleri, narenciye için 2013 yılının Eylül ayında 0.87 ve 2014 yılının Temmuz ayında 0.87; bağ için 2013 yılının Ekim ayında 0.95 ve 2014 yılının yine ayında 0.87; zeytin için ise 2013 yılının Eylül ayında 0.78 ve 2014 yılının Temmuz ayında 0.76 olarak gerçekleşmiştir. RET, su temini yeterliliğini değerlendirmek için kullanılan performans göstergelerinden biridir (Perry, 1996; Awan et al'dan, 2011). RET değerinin 0.75 ve üzerinde olması sulanan alanlar için kabul edilebilir değerlerdir (Roerink et al., 1997; Karataş et al'dan, 2009). Awan et al. (2011) tarafından 2007 yılında yapılan bir çalışmada, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları için hesaplanan RET değerleri Nisan ve Temmuz ayları dışında diğer aylarda 0.80'nin üzerinde gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar, çalışmamızdan elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermektedir. RET değerinin yüksek olması ET_a ile ET_c değerlerinin birbirine yakın olduğunu, diğer bir ifadeyle araştırma alanında, gerçekleşen bitki su tüketimleri ile potansiyel bitki su tüketimleri arasındaki farkın oldukça az olduğunu gösterir. Her iki yıl birlikte dikkate alınarak genel bir değerlendirme yapıldığında, 2013 yılı Eylül ve Ekim aylarındaki RET değerlerinin, hem aynı yıldaki diğer aylardan hem de 2014 yılının bütün aylarından daha yüksek olduğu görülecektir. Diğer bir ifadeyle su temini, bu aylarda ihtiyacı daha fazla

karşılamiştir. Bu durum, 2013 yılında, sulamayla birlikte yağışın da (Yildirim and Asik, 2017) olmasıyla topraktaki nem miktarının artması ve buna bağlı olarak da gerçekleşen bitki su tüketiminin potansiyel bitki su tüketimine yakınlaşması ile açıklanabilir. Hem 2013 hem de 2014 yılında elde edilen en büyük RET değerlerinden daha düşük olan değerler, yeterli sulama ve yağışın gerçekleşmemesinden dolayı su temininin karşılanamamasıdır (Karataş et al., 2009).

Mayıs-Ekim dönemine ait belirlenen aylık CV_{RET} değerleri, 2013 yılında narenciye için 0.07-0.15 arasında olurken 2014 yılında bu değerler 0.08-0.16 arasında olmuştur (Şekil 5.35-5.36). Bağ için söz konusu değerler sırasıyla 0.08-0.17 ve 0.09-0.17 arasında (Şekil 5.39-5.40) zeytin için sırasıyla 0.07-0.16 ve 0.07-0.15 arasında olmuştur (Şekil 5.43-5.44). Aşağı Gediz havzasında SEBAL modeli kullanılarak yapılan bir çalışmada, havzanın ET haritası çıkarılmış ve bu değerlere göre hesaplanan RET değerlerinin CV'leri 0.13-0.27 arasında bulunmuştur (Karataş et al., 2009). Benzer şekilde, Hindistan'm Madhya Pradesh bölgesinde yapılan bir çalışmada ise RET değerlerine ilişkin CV değerleri 0.20-0.50 arasında olurken, Punjab bölgesinde bu değerler 0.05-0.30 arasında olmuştur (Sarkar et al., 2008). Söz konusu çalışmalardan elde edilen değerler ile çalışmamızdan elde edilen değerler karşılaştırıldığında, genel olarak, çalışmamızdaki değerlerin daha düşük olduğu görülecektir. Bu da, çalışmadan elde edilen ET_a ve ET_c değerleri arasındaki farkların genellikle birbirine yakın diğer bir deyişle homojen olduğunu gösterirken aynı zamanda aylık su teminin de uniform olduğunu göstermektedir.

Çalışma alanına ilişkin elde edilen ET_a haritaları incelendiğinde, vadinin alt kısımlarına göre baraja yakın alanlarda yani üst kısımlarda, bitki su tüketimlerinin düşük olduğu görülmektedir. Söz konusu alanda yaptığımız arazi çalışmalarıyla, bu durumun zeminin çakıllı yani geçirgen olmasından ve dolayısıyla suyu tutamamasından (Atwell et al., 1999) kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir (Şekil 5.4- 5.20).

Sonuç olarak, hidrolojik süreçlerin karmaşıklığı ve doğal heterojenlikten dolayı büyük alanlarda bitki su tüketiminin belirlenmesi zor olmaktadır. Bundan

dolayı, büyük alanlarda bitki su tüketiminin doğrudan ve kısa sürede belirlenebilmesi için uzaktan algılanmış verilere dayalı modeller kullanılmalıdır. Çalışmada, yaklaşık 5000 dekarlık bir alana ilişkin bitki su tüketimlerinin zamansal ve mekânsal dağılımları da doğru bir şekilde ve kısa bir sürede uzaktan algılanmış verilere dayalı SEBAL modeliyle belirlenmiştir. Günümüzde, nüfusun giderek artacağı ve su kaynaklarımızın azalacağı öngörülerinin önümüzdeki yıllarda da devam edeceği düşünüldüğünden, bu ve benzeri çalışmalar özellikle büyük alanlardaki su kaynaklarının daha etkin yönetilmesine ve gerekli önlemlerin alınmasına yardımcı olacaktır.



7. ÖNERİLER

Çalışma alanı ve çevresinde narenciye yetiştiriciliği yoğun olarak yapılmaktadır. Bu bölgelerde sulamalar ilkbahar yağışlarının bitmesinden sonra genellikle haziran ayında başlamakta ve Kasım ayına kadar devam etmektedir. Temmuz ve Ağustos aylarında bitki su tüketimleri pik değerlere çıkmaktadır. Vadinin üst kısımları, su tutma kapasitesi düşük hafif bünyeli (çakıllı) topraklardan oluştuğu için bu kısımlarda RET değerleri daha düşük olmuştur. Bundan dolayı, bu alanlarda yapılacak sulama planlamalarında, sulama aralığı ve sulama süresi gibi önemli hususların dikkate alınması gerekmektedir. Bu araştırmanın devamı niteliğinde olacak başka bir çalışma yapılarak, parsellere uygulanan sulama suyu miktarları elde edilmeli ve elde edilen bu veriler uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile oluşturulan çalışmanın veri tabanına entegre edilerek sulamaların etkinliği belirlenmelidir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Afacan, G.**, 2017, Seferihisar'daki turizm yapılarının sürdürülebilir tasarım ilkeleri doğrultusunda incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi., 213s.
- Ağar, S.**, 2010, Çukurova Koşullarında Kısmi Kök Kuruluğu (Prd) Ve Kısıntılı Damla Sulama Programlarının Kıng's Ruby Sofralık Üzüm Çeşidinin Verimi, Kalite Ve Su Kullanım Randımanına Etkileri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 85s.
- Allen, R.G.**, 1996, Assessing integrity of weather data for use in reference evapotranspiration estimation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, ASCE 122(2): 97-106.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M.**, 1998, Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper no.56. FAO, Rome.
- Allen, R.G.**, 2005, METRIC: High Resolution Satellite Quantification of Evapotranspiration, University of Idaho, Kimberly, Idaho.
- Allen, R.G., Tasumi, M. and Trezza, R.**, 2007, Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)—model, *J Irrig Drain Eng ASCE* 133(4):380–394.
- Allen, R., Tasumi, M., Trezza, R., Kjaersgaard, J.**, 2010, METRIC Mapping Evapotranspiration at High Resolution Applications Manual for Landsat Satellite Imagery.
- Allen, R., Irmak, A., Trezza, R., Hendrickx, J.M.H., Bastiaanssen, W. and Kjaersgaard, J.**, 2011, Satellite-based ET estimation in agriculture using SEBAL and METRIC, *Hydrol. Process.* 25, 4011-4027.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Almhab, A. and Busu, I., 2008, Estimation of Evapotranspiration with Modified SEBAL Model Using Landsat-TM and NOAA-AVHRR Images in Arid Mountains Area, Second Asia International Conference on Modelling & Simulation, DOI 10.1109/AMS.2008.42.

Al-Najar, H., 2011, The integration of FAO-CropWat Model and GIS Techniques for Estimating Irrigation Water Requirement and Its Application in the Gaza Strip, Natural Resources, 2011.2,146-154.

Altun, N., 2008, Urla-Seferihisar (İzmir) bölgesinin jeolojisi ve toprak özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Arshad, S., Morid, S., Mobasher, M.R. and Alikhani, M.A., 2012. Monitoring And Forecasting Drought Impact On Dryland Farming Areas, International Journal of Climatology, Volume 33, Issue 8, 30 June 2013, Pages 2068–2081.

ASCE-EWRI, 2005, The ASCE standardized reference evapotranspiration equation, ASCE-EWRI Standardization of Reference Evapotranspiration Task Comm. Report, ASCE Bookstore, ISBN: 078440805, Stock Number 40805; 216.

AshTECH Mobile Mapper 100 GPS Katolog, 2015.

Aşık, Ş., Kaya, Ü., Çamoğlu, G., Akkuzu, E., Ölmez, H.A. and Avcı, M., 2014, Effect of Different Irrigation Levels on the Yield and Traits of Memecik Olive Trees (*Olea europaea* L.) in the Aegean Coastal Region of Turkey, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, Volume 140, Number 8, ISSN 0733-9437.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Atwell, B.J., Kriedemann, P.E. and Turnbull, C.G.N.,** 1999, Plants in action, New Zealand Society of Plant Biologists, and New Zealand Institute of Agricultural and Horticultural Science (Book).
- Awan, U.K., Tischbein, B., Conrad, C., Martius, C. and Hafeez, M.,** 2011, Remote Sensing and Hydrological Measurements for Irrigation Performance Assessments in a Water User Association in the Lower Amu Darya River Basin, *Water Resour Manage* (2011) 25:2467-2485.
- Bala, A., Rawa, K.S., Misra, A.K. and Srivastava, A.,** 2015, Assessment and validation of evapotranspiration using SEBAL algorithm and lysimeter data of IARI agricultural farm, India, *Geocarto International*, 31:7, 739-764.
- Bandara, K.M.P.S.,** 2006, Assesing Irrigation Performance by Using Remote Sensing, Doctoral thesis, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 97pp.
- Bastiaanssen W.G.M., van der Wal, T. and Visser, T.N.M.,** 1996, Diagnosis of regional evaporation by remote sensing to support irrigation performance assessment, *Irrigation and Drainage Systems*, 10, pp. 1-23.
- Bastiaanssen, W.G.M., Menenti, M., Feddes, R.A. and Holtslag, A.A.M.,** 1998a, A remote sensing surface energy balance equation for land b(SEBAL), 1. Formulation, *Journal of Hydrology* vol.212-213, 198-212.
- Bastiaanssen, W.G.M., Pelgrum, H., Wang, J., Ma, Y., Moreno, J., Roerink G.J., and van der Wal, T,** 1998b, The Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL): Part 2 validation, *J. Of Hydr.* 212-213: 213-229.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bastiaanssen W.G.M., Sakthivadivel, R. and Van Dellen, A,** 1999a, Spatially delineating actual and relative evapotranspiration from remote sensing data to support the modeling of non-source pollutants, after Chapman Conference, Riverside, CA, October 1997, book chapter, published on behalf of American Geophysical Union and Soil Science Society of America (SSSA), 15 pp.
- Bastiaanssen, W.G.M. and Bos, M.G.,** 1999b, Irrigation performance indicators based on remotely sensed data: a review of literature, *Irrigation and Drainage Systems* 13:291-311.
- Bastiaanssen, W.G.M.,** 2000, SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. *J Hydrol* 229: 87–100.
- Bastiaanssen, W.G.M., Brito, R.A.L., Bos, M.G., Souza, R.A., Cavalcanti, E.B. and Bakker, M.M.,** 2001, Low cost satellite data for monthly irrigation performance monitoring: benchmarks from Nilo Coelho, Brazil, *Irrigation and Drainage Systems* 15: 53–79, 2001.
- Bastiaanssen, W., Noordam, E., Pelgum, H., Davids, G., Thorenson, B. and Allen, R.,** 2005, SEBAL model with remotely sensed data to improve water resources management under actual field conditions. *J Irrig and Drainage Engin.* 131: 85–93.
- Bastiaanssen, W.G.M., Ahmad, M.D. and Bos, M.G.,** 2009, Reviewing SEBAL Input Parameters for Assessing Evapotranspiration and Water Productivity for the Low-Middle Sao Francisco River Basin, Brazil Part A: Calibration and Validation, *Agricultural and Forest Meteorology* 149 (2009) 462:476.
- Bausch, W.,** 1993, Soil background effects on reflectance-based crop coefficients for corn, *Remote Sensing of Environment* 46: 213–222.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bella, C.M.D., C.M. Rebella, J.M. and Paruelo,** 2000, Evapotranspiration estimation using NOAA AVHRR imagery in the Pampa region of Argentina, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 21, 791-797.
- Betts, A.K., Chen, F., Mitchell, K.E. and Janjic, Z.I.,** 1997, Assessment of the land surface and boundary layer models in two operational versions of the NCEP Eta model using FIFE data, *Monthly Weather Review* 125: 2896-2916.
- Bird, R.E. and Hulstrom, R.L.,** 1981, A simplified clear sky model for direct and diffuse insolation on horizontal surfaces. Golden, CO: Solar Energy Research Institute, 7-9.
- Bisht, G.,** 2005, Estimation of the net radiation using MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) data for clear sky days. *Remote Sensing of Environment*, 97 (1), 52-67.
- Bisht, G. and Bras, R.L.,** 2010, Estimation of net radiation from the MODIS data under all sky conditions: Southern Great Plains case study. *Remote Sensing of Environment*, 114 (7), 1522-1534. doi:10.1016/j.rse.2010.02.007
- Boegh, E. and Soegaard, H.,** 2004, Remote sensing based estimation of evapotranspiration rates, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 25, 2535-2551.
- Boegha, E., Thorsenb, M., Buttsb, M.B., Hansena, S., Christiansen, J.S., Abrahamsena, P., Hasagere, C.B., Jensene, N.O., Keura, P.V.D., Refsgaard, J.C., Schelded, K., Soegaard, H. and Thomsend, A.,** 2004, Incorporated remote sensing data in physically based distributed agro-hydrological modeling. *Journal of Hydrology*, Vol.287, 279-299.
- Brutsaert, W.,** 1986, Catchment-scale evaporation and atmospheric boundary layer, *Water Resources Research*, 22(9):39-46.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Brutsaert, W. and Sugita, M.,** 1992, Application of self-preservation in the diurnal evolution of the surface energy budget to determine daily evaporation, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 97 (D17), 18377–18382.
- Camillo, P.,** 1989, Estimating soil surface temperatures from profile temperature and flux measurements. *Soil Sci.* 148, 233-243.
- Camoglu, G.,** 2010, Farklı Su Stresi Düzeylerinde Mısır Bitkisinin Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Özelliklerinin Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi, Doktora Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Campbell, G.S.,** 1985, *Soil Physics with Basic.* Elsevier, New York, USA.
- Campbell, G. and Norman, J.,** 1998, *Introduction to Environmental Biophysics*, 2nd Edition. Springer, New York.
- Can, O.,** 2007, Tuzlu Koşullarda Satsuma Mandarin Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar Ve Sulama Anabilim Dalı, 80s.
- Can, O., Kurttaş, Y.S.K. and Özçakal, E.,** 2014, The Effect Of Salinity Water On Evapotranspiration Of Satsuma Mandarin (Citrus Unshiu Marc.), *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 2014, 51 (3): 253-263 Issn 1018 – 8851.
- Castro, A.H., Azvedo, P.V. de, Silva, B.B. and Soares, J.M.,** 1999, Water consumption and crop coefficient of grape vine in the region of Petrolina, Pernambuco State, Brazil, *Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental* 3(3): 413–416.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chang, Y., Ding, Y., Zhao, Q. and Zhang, S.**, 2016, Remote estimation of terrestrial evapotranspiration by Landsat 5 TM and the SEBAL model in cold and high-altitude regions: a case study of the upper reach of the Shule River Basin, China, *Hydrol. Process.* 31, 514-524.
- Chen, X., Su, z., Yang, K. and Wang, B.**, 2013, Estimation of surface energy fluxes under complex terrain of Mt. *Qomolangma over the Tibetan Plateau*, *Hydrology and Earth System Sciences* 17: 1607-1618.
- Choudhury, F.J., Idso, S.B. and Reginato, R.J.**, 1987, Analysis of an empirical model for soil heat flux under a growing wheat crop for estimating evaporation by an infrared-temperature based energy balance equation, *Agric Forest Meteorol* 39:283–297.
- Choudhury, B.J.**, 1994, Synergism of multispectral satellite observations for estimating regional land surface evaporation, *Remote Sens. Environ.* 49, 264-274.
- Clemmens, A. J. and Molden, D.**, 2007, Water uses and productivity of irrigation systems. *Irrigation Science*, 25(3), 247– 261.
- Colaizzi, P.D., Evett, S.R., Howell, T.A. and Tolk, J.A.**, 2004, Comparison of aerodynamic and radiometric surface temperature using precision weighing lysimeters, *Proceedings of SPIE* Vol. 5544.
- Courault, D., Seguin, B. And Oliosio, A.**, 2003, Review to estimate evapotranspiration from remote sensing data: some examples from the simplified relationship to the use of mesoscale atmospheric models. *ICID Workshop on Remote Sensing of ET for Large Regions*, 17 Sept 2003, France.
- Crago, R.D.**, 1996, Conversation and Variability of the Evaporative Fraction During the Daytime, *Journal of Hydrology*, 180(1-4): 173-1941.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Curran, P.J. and Foody, G.M.**, 1994, Environmental issues at regional to global scales, In Environmental Remote Sensing from Regional to Global Scale, John Wiley & Sons, New York. pp. 1-7.
- Çamoğlu, G.**, 2010, Farklı Su Stresi Düzeylerinde Mısır Bitkisinin Bazı Fizyolojik Ve Morfolojik Özelliklerinin Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi, Doktora Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Çetin, S.**, 2013, Havza Bazında Evapotranspirasyonun Tahmininde Uzaktan Algılama Tekniklerinin Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, 44sf.
- Da Silva, C. R., Folegatti, M. V., da Silva, T. J. A., Júnior, J. A., Souza, C. F. and Ribeiro, R. V.**, 2005, Water Relations And Photosynthesis As Criteria For Adequate Irrigation Management In 'Tahıtı' Lime Trees, Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), v.62, n.5, p.415-422, Sept./Oct. 2005.
- Dai, J.X., Shi, H.B., Tian, D.L., Li, M.H. and Li, M.H.**, 2011, Determination of crop coefficients of main grain and oil crops in Inner Mongolia Hetao irrigated area, J Irrig. Drain 30:23-27.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü,**
<http://www2.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=245> (Erişim tarihi: 5 Nisan 2016).
- Draper, N.R. and Smith, H.**, 1998, Applied Regression Analysis, John Wiley & Sons. Third Edition (Book).
- Droogers, P. and Bastiaanssen, W.**, 2002, Irrigation Performance using Hydrological and Remote Sensing Modeling. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2002.128:11-18.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- El-Magd, I.A. and Tanton, T.W.**, 2005, Remote sensing and GIS for estimation of irrigation crop water demand, *International Journal of Remote Sensing*, 26, (10), pp. 2359-2370.
- Food and Agriculture Organization (FAO)**, 1989, Arid zone forestry: A guide for field technicians. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Fortin, J.P. and Seguin, B.**, 1975, Estimation de l'ETR regionale a partir de IETP locale: Utilization de la relation de Bouchet a differentes echelles de temps. *Ann. Agron.* 26(5), 537-554.
- French, A., Jacob, F., Anderson, M., Kustas, W., Timmermans, W., Gieske, A., Su, Z., Su, H., McCabe, M., Li, F., Prueger, J. and Brunsell, N.**, 2005, Surface energy fluxes with the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection radiometer (ASTER) at the Iowa 2002 SMACEX site (USA), *Remote Sensing of Environment* 99: 55–65.
- Gieske, A.**, 2001, Short energy balance algorithm – NOAA AVHRR, version of December 2001.
- Girona, J., Mata, M., Fereres, E., Goldhamer, D.A. and Cohen, M.**, 2002, Evapotranspiration and soil water Dynamics of peach trees under water deficits. *Agricultural Water Management* 54(2002): 107-122.
- Glenn, E.P., Huete, A.R., Nagler, P.L., Hirschboeck, K.K. and Brown, P.**, 2007, Integrating Remote Sensing and Ground Methods to Estimate Evapotranspiration, *Critical Reviews in Plant Sciences*, 26:139–168, Taylor&Francis Group, 2007 DOI: 10.1080/07352680701402503.
- Gonzalez, A.R.**, 2017, Using Remote Sensing to Estimate Crop Water Use to Improve Irrigation Water Management, PhD Thesis, South Dakota State University.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gowda, P.H., Æ Jose L. Chavez, J.L., Colaizzi, P.D., Evett, S.R., Howell, T.A. and Tolk, J.A.,** 2008, ET mapping for agricultural water management: present status and challenges, *Irrig Sci* 26:223–237 DOI 10.1007/s00271-007-0088-6.
- Gowda, P.H., Howell, T.A., Paul, G., Colaizzi, P.D. and Marek, T.H.,** 2011, SEBAL for Estimating Hourly ET Fluxes over Irrigated and Dryland Cotton During BEAREX08, 2787World Environmental and Water Resources Congress 2011,Bearing Knowledge for Sustainability © ASCE 2011.
- Gündüz, M. ve Korkmaz, N.,** 2008, Damla Sulama ile Sulanan Bağda Farklı Sulama Uygulamalarının Verim ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi, *Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi* 18(1):49-65.
- Hanson, R.L.,** 1991, Evapotranspiration and droughts, In: Paulson RW, Chase EB, Roberts RS, Moody DW, Compilers, National Water Summary 1988-89-hydrologic events and floods and droughts: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2375, pp 99–104.
- Hoyt, D.F.,** 1979, Practical Methods of Estimating Volume and Fresh Weight of Bird Eggs, *The Auk* 96: 73-77
- Huxman, T., Wilcox, B., Breshears, D., Scott, R., Snyder, K., Small, E., Hultine, K., Pockman, W. and Jackson, R.,** 2005, Ecohydrological implications of woody plant encroachment, *Ecology* 86: 308–319.
- İzmir İl Özel İdaresi (İİÖİ),** 2012, İzmir İli Seferihisar İlçesi Arazi Sınıflandırması, Ege üniversitesi, İzmir Büyük Şehir Belediyesi, yüklenici-verim harita ltd. şti.
- Jackson, R.,** 1983, Estimation of daily evapotranspiration from one time-of-day measurements, *Agricultural Water Management*, 7 (1 –3), 351–362. doi:10.1016/03783774(83)90095-1.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jackson, R.D.**, 1984, Remote sensing of vegetation characteristics for farm management, SPIE 475:81–96.
- Jensen, M.E.**, 2010, Historical Evolution of ET Estimating Methods, CSU/ARS Evapotranspiration Workshop, CO.
- Jimenez-Bello, M.A., Castel, J.R., Testi, L. and Intrigliolo, D.S.**, 2015, Assessment of a Remote Sensing Energy Balance Methodology (SEBAL) Using Different Interpolation Methods to Determine Evapotranspiration in a Citrus Orchard, IEEE Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing, Vol. 8, No. 4, April 2015.
- Johl, S.S.**, 1979, Irrigation and Agricultural Development, United Nations, Pergamon Press, ISBN 008 025675 9.
- Johnson, L.E.**, 2013, GIS and Remote Sensing Applications in Modern Water Resources Engineering, Modern Water Resources Engineering pp 373-410.
- Karataş, B.S., Akkuzu, E., Ünal, H.B., Aşık, Ş. and Avcı, M.**, 2009, Using satellite remote sensing to assess irrigation performance in Water User Associations in Lower Gediz Basin, Turkey, Agricultural Water Management 96(2009): 982-990.
- Kite, G. and Droogers, P.**, 2000, Comparing Estimate of Actual Evapotranspiration from Satellites, Hydrological Models and Field Data: A Case Study from Western Turkey, Research Report 42, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- Köksal, E.S.**, 2008, Evaluation of Spectral Vegetation Indices as an Indicator of Crop Coefficient and Evapotranspiration under Full and Deficit Irrigation Conditions, International Journal of Remote Sensing, Vol 29, No 23, 7029-7043.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Köksal, E.S.**, 2011, Hyperspectral reflectance data processing through cluster and principal component analysis for estimating irrigation and yield related indicators. *Agricultural Water Management* 98 (2011) 1317-1328.
- Köyşleri Bakanlığı**, 1977, Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi, Kaynak No:1, Ankara, 407s.
- Kurucu, Y. and Chiristina, N. K**, 2007, Monitoring the impacts of urbanization and industrialization on the agricultural land and environment of the Torbali, Izmir region, Turkey, *Environ Monit Assess* (2008) 136:289-297.
- Kustas, W.P. and Norman, J.M.**, 1996, Use of Remote Sensing for Evapotranspiration Monitoring over Land Surfaces, *Hydrological Sciences* 41(4): 495-515.
- Loucks, D.P. and Costa, J.R.**, 1990, Decision Support System Water Resources Planning, *Ecological Sciences* Vol. 26.
- Mekonnen, S.C.**, 2005, Assessment of Catchment Water Balance Using GIS and Remote Sensing; Roxo Portugal, Master Thesis, International Institute For Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands.
- Mkhwanazi, M.M. and Chavez, J.L.**, 2013, Mapping evapotranspiration with the remote sensing ET algorithms METRIC and SEBAL under advective and non-advective conditions: accuracy determination with weighing lysimeters, *Hydrology Days 2013*, Civil and Environmental Engineering Department Colorado State University.
- Monteith, J. and Unsworth, M.**, 1990, *Principles of Environmental Physics*, 2nd. Edition. Edward Arnold, London.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

NASA, http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php (Erişim Tarihi: 05.10.2016).

Norman, J.M., Kustas, W.P. and Humes, K.S., 1995, Source approach for estimating soil and vegetation energy fluxes in observations of directional radiometric surface temperature. *Agricultural and Forest Meteorology*, 77:263-293.

Overgaard, J., Rosbjerg, D. and Butts, M.B., 2006, Land-surface modeling in hydrological perspective – a review. *Biogeosciences* 3: 229-241.

Özkara, M.M. ve Özyılmaz, H., 1989, İzmir Kemalpaşa koşullarında zeytin su tüketimi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Menemen Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, 156 (100), 38.

Park, A.B., Colwell, R.N. and Meyers, V.F., 1968, Resource survey by satellite; science fiction coming true, *Yearbook of Agriculture*, pp 13–19.

Li. Y., Demetriades-Shah, T.H., Kanemasu, E.T., Shultis, K. and Kirkham, M.B., 1993, Use of second derivatives of canopy reflectance for monitoring prairie vegetation over different soil backgrounds, *Remote Sens. Environ.*, 44, 81-87.

McCabe, M.F. and Wood, E.F., 2006, Scale influences on the remote estimation of evapotranspiration using multiple satellite sensors, *Remote Sensing of Environment*, Volume 105, Issue 4, 271-285.

OCED, 2016, Water use in agriculture, <http://www.oecd.org/agriculture/water-use-in-agriculture.htm> (Erişim Tarihi: 22 Haziran 2017).

Pelgrum, H. and Bastiaanssen, W.G.M., 1996, An intercomparison of techniques to determine the area-averaged latent heat flux from individual in situ observations: a remote sensing approach using EFEDA data, *Water Resources Research*, 32(9), pp. 1313-1330.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Penman, H.L.**, 1948, "Natural evaporation from open water, bare soil and grass." Proc. Roy. Soc. London, A193, 120-146.
- Perry, C.J.**, 1996, Quantification and measurement of a minimum set of indicators of the performance of irrigation systems, International Irrigation Management Institute, Colombo.
- Pinker, R.T., Kustas, W.P., Laszlo, I., Moran, M.S. and Huete, A.R.**, 1994, Satellite surface radiation budgets on basin scale in semi-arid regions, Wat. Resour. Res. 30, 1375-1386.
- Priestley, C.H.B. and Taylor, R.J.**, 1972, On the assessment of surface flux and evapotranspiration using large-scale parameters. Mon. Weather Rev. 100: 81-92.
- Pruitt, W.O. and Doorenbos, J.**, 1977, Background and development of Methods to predict reference crop Evapotranspiration. Appendix II in FAO-ID-24, pp 108-119.
- Reduan, I.**, 2004, Studied multisensor Approach To Evapotranspiration Mapping and STREAM Model Validation in the Perfume River Basin, Hue, MS thesis, International Institute for Geo-information Science and Earth Observation.
- Roerink, G.J., Bastiaanssen, W.G.M., Chambouleyron, J. and Menenti, M.**, 1997, Relating crop water consumption to irrigation water supply by remote sensing, Water Resources Management, 11, pp. 445-465.
- Sarkar, C., Bhattacharya, B.K., Gadgil, A., Mallick, K., Patel, N.K. and Parihar, J.S.**, 2008, Estimation of relative evapotranspiration from NOAA PAL to derive growth characteristics in India, International Journal of Remote Sensing Vol. 29, No. 11, 10 June 2008, 3271-3293.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Shuttleworth, W.J., Gurney, R.J., Hsu, A.Y. and Ormsby, J.P.,** 1989, FIFE: The variation in Energy Partition at Surface Flux Sites. In: A. Rango (Editor), Remote Sensing and Large Scale Global Processes. IAHS Press, Wallingford, pp. 67-74.
- Su, Z.,** 2002, The Surface Energy Balance System (SEBS) for estimation of turbulent heat fluxes, *Hydrology and Earth System Sciences*, 6(1), 85-99.
- Su, H., McCabe, M.F., Wood, E.F., Su, Z. and Prueger, J.H.,** 2005, Modeling evapotranspiration during SMACEX: comparing two approaches local- and regional-scale prediction, *J Hydrometeorol* 6(6):910– 922.
- Sultan, S. and Ahmad, I.,** 2008, Determination of daily regional scale actual evapotranspiration for Indus sub-basin using Landsat ETM+, *Pakistan Journal of Meteorology* Vol. 4 Issue 8.
- Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A.R., Kerr, Y.H. and Sorooshian, S.,** 1994, A Modified Soil Adjusted Vegetation Index, *Remote Sens. Environ.* 48:119-126.
- Qureshi, M.E., Grafton, R.Q., Kirbyd, M. and Hanjrae, M.A.,** 2010, Understanding irrigation water use efficiency at different scales for better policy reform: a case study of the Murray –Darling Basin, Australia, *Water Policy Uncorrected Proof* (2010) 1–18.
- Roerink, G.J., Su, Z. and M. Menenti.,** 2000, S-SEBI: a simple remote sensing algorithm to estimate the surface energy balance, *Phys. Chem. Earth B* 25 (2000) (2), pp. 147–157.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM), Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ),** 2016, Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketim Rehberi, Ankara.
- Tasumi, M., Allen, R.G. and Bastiaanssen, W.G.M.,** 2000, Application of SEBAL Methodology for Estimation Comsumptive Use of Water and Stream flow Depletion in the Bear River Basin of Idaho through Remote Sensing, Appendix A: The Theoretical Basis of SEBAL. The Raptheon System Company, EOSDISP, 107pp.
- Tasumi, M.,** 2003, Progress in operational estimation of regional evapotranspiration using satellite imagery, PhD Dissertation, University of Idaho, Moscow, ID;357.
- Teixeira, A.H. de C., Bastiaanssen, W.G.M., Ahmad, M.D. and Bos, M.G.,** 2009b, Reviewing SEBAL Input Parameters for Assessing Evapotranspiration and Water Productivity for the Low-Middle Sao Francisco River Basin, Brazil Part B: Application to the Regional, Agricultural and Forest Meteorology 149 (2009) 477–490.
- Thorntwaite, C.W.,** 1948, An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review 38(1), 55-94.
- UNESCO,** 1977, Impact of urbanization and industrialization on water resources planning and management: report of the Unesco/IHP Workshop on impact of urbanization and industrialization on regional and national water planning and management, at Zandvoort, Netherland, October 1977.
- USGS,** http://landsat.usgs.gov/band_designations_landsat_satellites.php (Erişim tarihi: 12 Nisan 2015).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Wang, J., Sammis, T.W., Gutschick, V.P., Gebremichael, M. and Miller, D.R., 2009, Sensitivity Analysis Of The Surface Energy Balance Algorithm For Land (Sebal), American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0001-2351, Vol. 52(3): 801-811.

Waters, R., Richard, A., Tasumi, M., Trezza, R. and Bastiaanssen, W., 2002, Surface Energy Balance Algorithms for Land, Advanced Training and Users Manual. A NASA EOSDIS/Synergy grant from the Raytheon Company through The Idaho Department of Water Resources.

Weligepolage, K., 2005, Estimation of spatial and temporal distribution of evapotranspiration by satellite remote sensing in Hupselse Beek, Master Thesis, International Institute For Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands.

Wigmosta, M.S., Vail, L. and Lettenmaier, D.P., 1994, A distributed hydrology-vegetation model for complex terrain, Water Resources Research 30: 1665-1679.

World Water Council, 2017, Water Crisis, <http://www.worldwatercouncil.org/en/water-crisis>, (Erişim Tarihi: 21.05.2017).

Verma, S.B., Kim, J. and Clement, R.J., 1992, Momentum, water vapor, and carbon dioxide exchange at a centrally located prairie site during FIFE, Journal of Geophysical Research:Atmospheres (1984–2012), 97(D17), 18629–18639.

Yildirim, T. and Asik, S., 2017, Assessment of agricultural drought in a semi-arid area using remote sensing, ACS Meetings, November 2017, USA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Zheng, C., Wang, Q. and Li, P., 2016,. Coupling SEBAL with a new radiation module and MODIS products for better estimation of evapotranspiration. Hydrological Sciences Journal, 61:8, 1535-1547, DOI: 10.1080/02626667.2015.1031762.



ÖZGEÇMİŞ

Tuğba YILDIRIM, İzmir’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmir’de tamamladı. 2010 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü’nden mezun oldu. Aynı yıl Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı ve 2012 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 2012 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Doktora öğrenimine başladı.

