

Bölüm 8

Trakya Bölgesi Topraklarının Kuraklık Hassasiyet Analizi ve İklim Değişikliğinin Kuru Tarım Alanlarına Etkisi

Erdem BAHAR¹, Fatih BAKANOGULLARI¹, Selçuk ÖZER¹ Emel KAYALI¹
Murat TÜRKEŞ², Hasan TATLI³, Hasan ÖZCAN⁴

¹Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kırklareli
erdem.bahar@tarimorman.gov.tr fatih.bakanogullari@tarimorman.gov.tr
selcuk.ozer@tarimorman.gov.tr emel.kayali@tarimorman.gov.tr

²Boğaziçi Üniversitesi, İklim Değişikliği ve Politikaları Uygulama ve Araştırma Merkezi, İstanbul
murat.turkes57@gmail.com

³Çanakkale Onsekiz Mart Ün., Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çanakkale
tatli@comu.edu.tr

⁴Çanakkale Onsekiz Mart Ün., Ziraat Fakültesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, Çanakkale
hozcan@comu.edu.tr

1. Giriş

Doğal afetler, içerisinde yaşadığımız ekosistemin bir parçasıdır. Günümüzdeki ekosistemlerin oluşum süreci boyunca gezegenimizde bu doğa olayları değişik şiddet ve sürelerde gerçekleşmiştir ve bu hareketlilik devam etmektedir. Doğal felaketler klimatolojik, meteorolojik, hidrolojik ve jeolojik sebeplerden kaynaklanmaktadır. Bryant (2005) 31 adet doğal felaketi şiddet, süre, etki alanı, can kaybı, ekonomik kayıp, sosyal etki, uzun dönem sonuçları, aniden oluşumu ve ilgili felaketlerin sayısı bakımından karşılaştırdığında ilk üç felaketin iklim ve hava olayları ile ilgili olduğunu belirtmiştir. Dördüncü ve beşinci sırada

jeolojik oluşumlu felaketler yer almıştır. Bu sıralamada ilk sırada kuraklık görülmektedir ve depremler ise dördüncü sıradadır.

Kuraklık şu şekilde tanımlanabilir. Hidrolojik, tarımsal ve meteorolojik kuraklık gibi bir ayrıma gidilmeksizin; “yeryüzündeki çeşitli sistemlerce kullanılan doğal su varlığının, belirli bir zaman süresince ve bölgesel ölçekte uzun süreli ortalamanın ya da normalin altında gerçekleşmesi sonucunda, temel olarak şiddet, süre ve coğrafi yayılım bileşenleri ile nitelendirilebilen üç boyutlu bir doğa olayı biçiminde etkili olan su açığı ve yetersizliğidir” (Türkeş 1990, 1999, 2010 ve 2012).

İnsanoğlu, yaşlı dünyamız üzerinde çok kısa bir süredir var olmasına karşın doğa olaylarını ve sonuçlarını etkileyebilecek bir medeniyet seviyesine ulaşmıştır. Sanayileşme sonucunda ürettiğimiz sera gazları, nükleer uygulamalar ve kazalar, orman alanlarının küçültülmesi, doğal kaynakların kirlenmesi, toprağa karbon bağlayan doğal alanların tahribatı, ekosistemlerin içerisine sistemin dengesini bozan canlıların karıştırılması, tarımsal faaliyetlerdeki çevre karşıtı uygulamalar telafisi zor tahribatlara yol açmıştır. Ayrıca kentlerin su havzaları içerisinde taşkın yataklarına kurulması gibi plansız yerleşimler, insanları doğal felaketlerin içerisine kendi elleri ile yerleştirmiştir. Bu gibi planlama hataları, iklim değişikliği ve yaratabileceği doğal afetlere karşı toplumları daha etkilebilir yani hassas hale getirmektedir.

Etkilenebilirlik veya hassasiyet, bir sistemin, alt-sistemin ya da sistem bileşeninin tehlike, düzensizlik ya da stres kaynağının zararlı etkisine maruz kaldığındaki dayanım derecesi olarak tanımlanabilir (Turner ve diğ., 2003). Wilhelmi ve Wilhite (2002) ise etkilenebilirliği bir sosyoekonomik sistemin veya fiziksel varlıkların doğal tehlikelerin etkisine karşı duyarlılığı ya da esnekliği olarak ifade etmişlerdir. Blaike ve ark. (1994) etkilenebilirlik kavramını, etki-tepki modelinde (Pressure and Release, PAR) “Risk = Tehlike × Etkilenebilirlik” formülü ile açıklamışlardır.

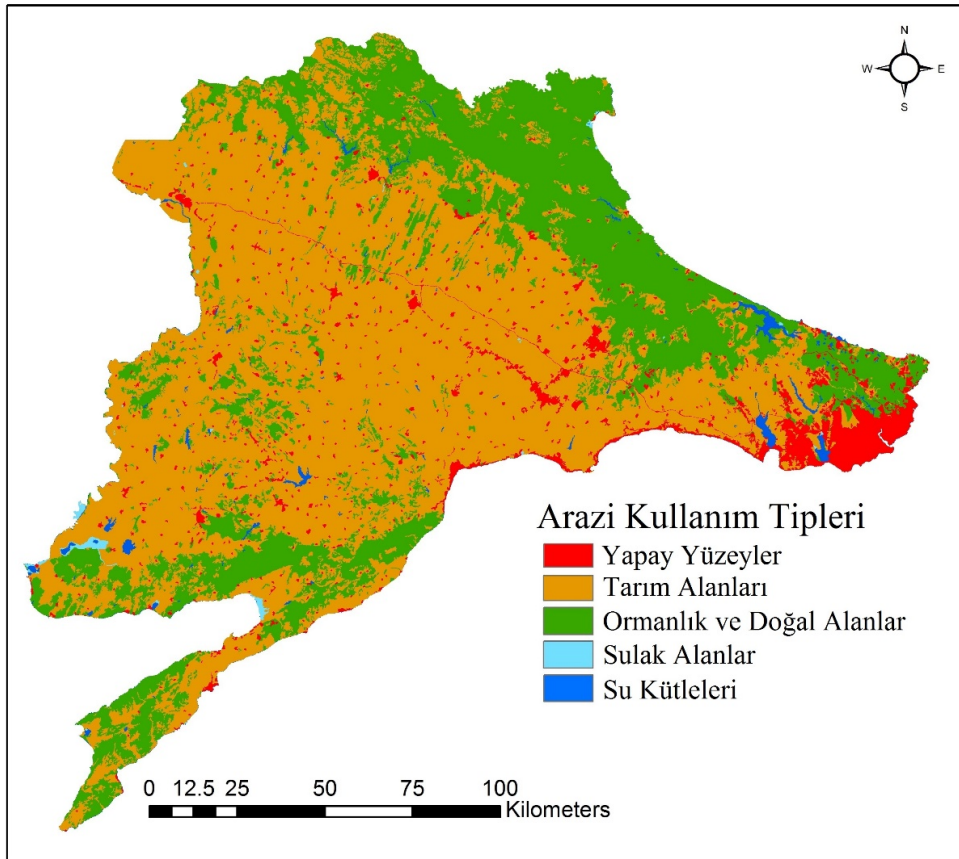
Wilhelmi ve Wilhite (2002), araştırmalarında coğrafi bilgi sistemlerini kullanarak Nebraska’nın tarımsal kuraklık duyarlılığını haritasını iklim, toprak özellikleri, arazi kullanımı, sulama faktörlerini esas alarak oluşturmuşlardır. Shahid ve Behrawan (2008) nüfus yoğunluğu, ekonomik güç, erkek/kadın oranı ve tarımsal uğraş, sulama, toprak su tutma kapasitesi ve taşkın koruma özelliklerini kullanarak Batı Bangladeş’in kuraklık duyarlılık haritasını çıkartmışlardır. Antwi-Agyei ve diğ. (2012) araştırmalarında Gana’da bitkisel üretimin kuraklık karşısındaki hassasiyetini yağış, verim ve sosyo-ekonomik verilerle haritalandırmışlardır. Bölgesel kuraklık hassasiyetini, kuraklığın etkisi, yağış karşısındaki bitki veriminin duyarlılığı ve kuraklık karşısındaki bölgesel uyum kapasitesinin bir fonksiyonu olarak hesaplamışlardır. Zarafshani ve diğ., (2012) İran’daki buğday üreticilerini esas alarak, ekonomik, sosyo-kültürel, psikolojik, teknik ve altyapı başlıkları altında toplamda 33 kriter ile ankete dayalı bir kuraklık hassasiyet değerlendirmesi yapmışlardır. Do ve Kang (2014) araştırmalarında çok bantlı uygu görüntüleri yardımıyla toprak nem içeriğine dayanan su kullanım etkinliklerini hesaplayarak Kuzey Doğu Asya’nın kuraklık hassasiyeti değerlendirmesi yapmışlardır.

Bu araştırmada, ülkemiz tarımı açısından oldukça önem taşıyan, tarımsal üretimin çoğunlukla susuz koşullarda yapıldığı ve iklim özellikleri açısından değişkenlikler gösteren Türkiye'nin Trakya bölümü tarım topraklarının kuraklıktan etkilenebilirliği incelenmiştir. Bu araştırmada "T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü; Proje No: TAGEM/TSKAD/14/A13/P01/4 ve ÇOMÜ Bilimsel Araştırma Projeleri; Proje No: 2011/048 projelerinde elde edilen veriler kullanılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Araştırma alanı, 40° 45' - 42° 10' kuzey enlemleri ve 26°15' – 28°15' doğu boylamları arasında yer alan ve toplam 2.37 milyon ha alana sahip olan Marmara Bölgesi'nin Trakya Bölümüdür. Araştırma alanının arazi örtüsü ve arazi kullanım türlerinin belirlenmesinde Avrupa Birliği lkeleri tarafından 1985 geliştirilmiş olan evre Bilgileri Koordinasyonu (Coordination of Information on the Environment, CORINE) programı kullanılmıştır. CORINE 2012 sınıflandırma sisteminde 5 adet genel, bu sınıfların altında ikinci düzeyde 15 ara sınıf ve bu sınıfların içerisinde de toplamda 44 arazi örtü sınıfı bulunmaktadır. şekil 1'de Trakya topraklarının genel arazi kullanım türleri görülmektedir.



şekil 1. Araştırma alanı topraklarının arazi kullanım grupları (CORINE 2012'den uyarlanmıştır).

2.2. Yöntem

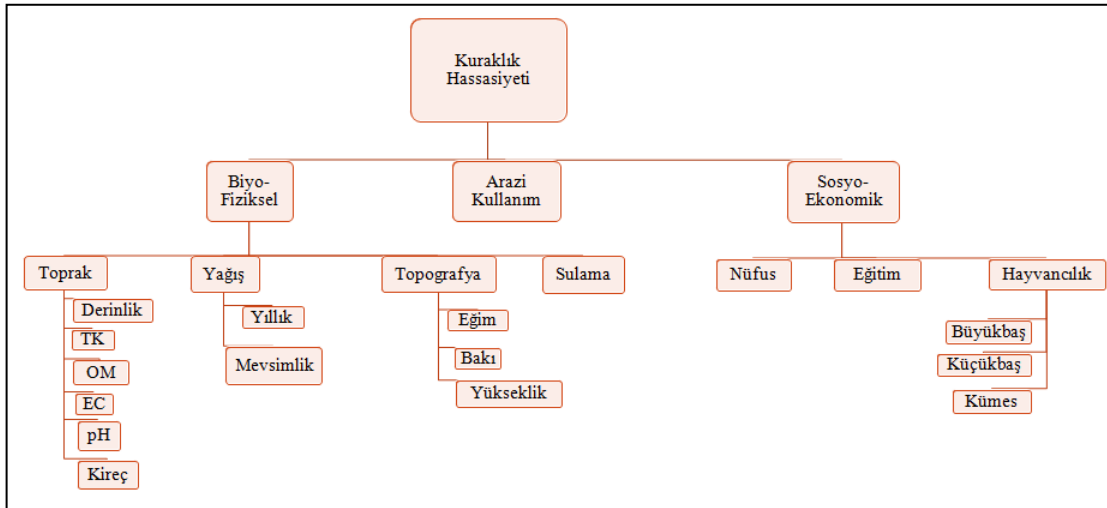
Araştırma alanı 7x7 km'lik gridere ayrılmış, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi ve Jeoloji Etütleri Daire Başkanlığı tarafından hazırlanan haritalar yardımıyla örneklem noktaları belirlenmiştir. 481 noktadan alınan toprak örneklerinin pH (U.S. SalinityLab. Staff, 1954), elektriksel iletkenlik (U.S. SalinityLab. Staff, 1954), kireç (Schlichting ve Blume, 1966), su tutma kapasitesi (Klute, 1986) ve organik madde (Smith ve Weldon, 1941) analizleri laboratuvarında yapılmıştır.

Toprak özellikleri ile birlikte, yağış, topoğrafya ve sulama durumu araştırmanın biyo-fiziksel değerlendirme ölçütlerini oluşturmaktadır. Topoğrafik özellikler olan baki, eğim ve yükseklik için SRTM'nin sayısal yükseklik modeli (DEM) verileri kullanılmıştır (Jarvis ve diğ., 2008). Yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden ve sulama sistemlerinin varlığı ile ilgili bilgiler Orman ve Su İşleri Bakanlığının internet sitesinden (<http://geodata.ormansu.gov.tr>) temin edilmiştir. Kuraklık hassasiyeti açısından sosyoekonomik göstergeler olarak nüfus, eğitim ve hayvancılık verileri kullanılmıştır. Bu veriler Devlet İstatistik Kurumu'ndan elde edilmiştir.

Değişik ölçek ve nitelikteki verilerin bir arada değerlendirilip bir kuraklık hassasiyet modeli oluşturulması için değerlendirme kriterlerinin ağırlık puanlamalarının hesaplanmasında analitik hiyerarşik süreç (AHS) yöntemi kullanılmıştır. Haritaların elde edilmesinde ArcMap10.4 paket programından faydalanılmıştır.

2.2.1. Kuraklık Hassasiyet Analizi

Kuraklık hassasiyet analizinde kullanılan AHS, çok kriterli karmaşık problemlerin analizi için bir hiyerarşi oluşturulması esasına dayanmaktadır. AHS modelinde hiyerarşinin en üstünde bir amaç; bu amacın altında sırasıyla ölçütler ve alt ölçütler basit bir hiyerarşik yapıyı oluşturmaktadır. Trakya Bölgesi topraklarının kuraklık hassasiyet analizi için oluşturulan hiyerarşik yapı Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Kuraklık hassasiyet analizi için oluşturulan hiyerarşik yapı.

Hiyerarşinin her bir seviyedeki ölçütler, kendilerinden bir üst seviyedeki ölçüte göre ikili olarak karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırmalar için 1-9 arasındaki rakamlardan meydana gelen karşılaştırma ölçeği kullanılmaktadır (Saaty, 1980; Saaty, 2008).

Karşılaştırma matrisi normalize edilmekte ve buradan karşılaştırma matrisinin özvektörü bulunmaktadır. Biyo-fiziksel özelliklerin karşılaştırma matrisi ve tutarlılık oranı hesaplaması Şekil 3’de verilmiştir. Karşılaştırma matrisinin özvektör matrisi ile çarpımından yeni bir vektör (C) bulunmuş olunur. Bu vektörün özvektöre bölünmesi ile tutarlılık oralarının hesaplanmasında kullanılan bir vektör (D) elde edilir.

Karşılaştırma Matrisi							Özvektör	C Vektörü	Özvektör	D Vektörü
	TK	TD	pH	EC	Kireç	OM				
TK	1	1	5	5	5	3	0.332	2.036	0.332	6.125
TD	1	1	5	5	5	3	0.332	2.036	0.332	6.125
pH	1/5	1/5	1	1	1	1/3	0.061	0.366	0.061	6.016
EC	1/5	1/5	1	1	1	1/3	0.061	0.366	0.061	6.016
Kireç	1/5	1/5	1	1	1	1/3	0.061	0.366	0.061	6.016
OM	1/3	1/3	3	3	3	1	0.152	0.922	0.152	6.049

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} = 6.0576 \quad CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = 0.0115 \quad CR = \frac{CI}{RI} = 0.01$$

Şekil 3. Biyo-fiziksel özelliklerin karşılaştırma matrisi ve tutarlılık oranı hesaplaması.

Karşılaştırma matrisinden çıkartılan D vektörü değerlerinin aritmetik ortalaması ile karşılaştırmaya ilişkin temel değer (λ) hesaplanır. Karşılaştırmaya ilişkin temel değer (λ) hesaplandıktan sonra Tutarlılık İndeksi (CI) bulunur. Tutarlılık oranı (CI), tutarlılık indeksinin rastgele indeks (RI) ile tanımlanan standart düzeltme değerine bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Rastgele indeks değerleri Saaty (1980) tarafından belirtilmiştir. Tutarlılık oranının 0.10 veya daha küçük olması gerekmektedir. Eğer bu oran 0.10’dan büyük ise ikili karşılaştırma matrislerinin yeniden oluşturulması gerekmektedir (Saaty, 1980).

Analitik hiyerarşik düzen içerisindeki her kriter grubunun ikili karşılaştırmaları ve tutarlılık hesaplamaları yukarıda açıklanan şekilde yapılmıştır. Analitik hiyerarşik süreç bir karar verme yöntemidir. Bu nedenle kuraklık hassasiyet sınıfları için alternatiflerin üretilmesi gerekmiştir. Araştırmada kuraklık hassasiyet alternatifleri çok hassas, hassas, orta ve dayanıklı şeklinde oluşturulmuştur.

Uzman görüşleri doğrultusunda araştırma alanının özellikleri de dikkate alınarak alternatiflerin (hassasiyet sınıflarının) sınır değerlerinin belirlenmesi amacıyla hassasiyet puanlaması yapılmıştır. Çizelge 1’de biyo-fiziksel özelliklere ilişkin verilerin hiyerarşik kademeleri ve kuraklık hassasiyet sınıflarının belirlenmesi için tanımlanan puanlamalar görülmektedir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan biyo-fiziksel kriterlerin kademeleri ve hassasiyet puanları.

I. Kademe	II. Kademe	III. Kademe	Hassasiyet puanları				
			100	75	50	25	0
Biyo- Fiziksel Özellik	Yağış	Yıllık yağış miktarı, mm	> 600	600-500	500-400	400-300	< 300
		Bahar ve yaz yağışlarının payı, %	> 30	30-20	20-10	10-5	< 5
	Toprak	Tarla kapasitesi, %	> 40	40-30	30-20	20-10	< 10
		Toprak derinliği, mm	> 120	120-90	90-60	60-30	< 30
		pH	6.5-7.5	7.5-8.5 6.5-5.5	8.5-9.5 5.5-4.5	-	-
		EC, µmhos/cm	< 2	2-4	4-8	8-16	> 16
		Kireç, %	0-5	5-10	10-20	20-40	> 40
		Organik madde, %	3-2	2-1.5	1.5-1	1-0.5	> 0.5
	Topografya	Eğim, %	0-3	3-6	6-15	15-30	> 30
		Bakı	K	KB ve B	KD ve D	GB	G ve GD
		Yükseklik, m	< 750	750-500	500-200	200-100	> 100
	Sulama	Var/Yok	Var	-	-	-	Yok

Model içerisindeki tüm ölçütlerin ikili karşılaştırmaları ile hesaplanan ağırlık puanları ise Çizelge 2’de verilmiştir. Kuraklık hassasiyet sınıflarının puanlama aralıkları, 0-25 arası çok hassas, 25-50 hassas, 50-75 orta ve 75-100 dayanıklı şeklindedir.

Tüm karşılaştırma kriterlerinin hassasiyet puanlamalarının alansal dağılımları ArcGIS 10.4 paket programı ile sayısallaştırılmış ve her kriter için bir tabaka (layer) oluşturulmuştur. Toprak özelliklerinin alansal dağılımları Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği (IDW) ile yapılmıştır. Tabakalar ilk olarak kendi kademelerinin ağırlık puanları ile çarpılmış, daha sonra üzerlerindeki tabakaların ağırlık puanlamaları çarpılarak AHS ağacındaki puanına ulaşılmıştır. Tüm bu tabakalar paket programının Raster Math menüsü yardımıyla üst üste bindirilerek 100 m çözünürlüklü kuraklık hassasiyet haritası oluşturulmuştur.

3. Bulgular

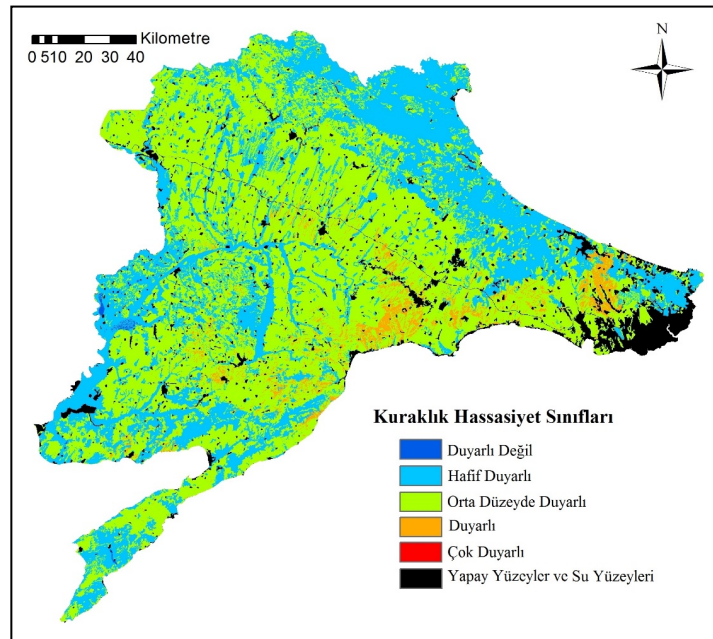
Kuraklık hassasiyet analizi sonucunda araştırma alanının %0.0’ı çok duyarlı, %11.9’si duyarlı, %54.8’si orta düzeyde duyarlı, %33.1’i hafif duyarlı ve % 0.05’i kuraklığa karşı dayanıklı bulunmuştur. Araştırma alanının geriye kalan %6.4’lük kısmı üzerinde yerleşim alanları, yapay yüzeyler ve su kütleleri bulunmaktadır (Şekil 4).

Tekirdağ’ın batısındaki Işıklar Dağı’nın güney yamaçları ve Korudağ’ın batısında Saroz Körfezi’ne bakan Edirne köyleri bakı ve eğim kriterleri yüzünden “Duyarlı”hassasiyet sınıfında yer almıştır. Arnavutköy, Çorlu, Tekirdağ ve Silivri’ninbu hassasiyet sınıfında tespit

Çizelge2. Analitik düzen içerisindeki ölçütlerin ağırlık puanları.

I. Kademe	II. Kademe	III. Kademe	AHS içerisindeki Ağırlık Puanı
Biyojeofiziksel (0.5390)	Toprak (0.2500)	Yarayışlı Nem Kapasitesi (0.5146)	0.0694
		Hidrolik İletkenlik (0.2033)	0.0274
		Organik Madde (0.0705)	0.0095
		pH (0.0705)	0.0095
		Elektriksel İletkenlik (0.0705)	0.0095
		Kireç (0.0705)	0.0095
	Yağış (0.2500)	Yıllık Toplam (0.3333)	0.0449
		BYMYTYO* (0.3333)	0.0449
		Kuraklık Olasılığı (0.3333)	0.0449
	Topografya (0.2500)	Eğim (0.6816)	0.0919
		Bakı (0.2014)	0.0271
		Yükseklik (0.1180)	0.0159
Sosyo-ekonomik (0.1637)	Sulama (0.2500)	-	0.1348
	Nüfus (0.5390)	-	0.0882
	Eğitim Seviyesi (0.1637)	-	0.0268
	Hayvancılık (0.2973)	Büyükbaş (0.6333)	0.0308
		Küçükbaş (0.2605)	0.0127
		Kümes (0.1062)	0.0051
Arazi Kullanım (0.2973)	-	-	0.2973
Toplam :			1.0000

*BYMYTYO: Bahar ve yaz mevsimi yağışlarının toplam yağışa oranı

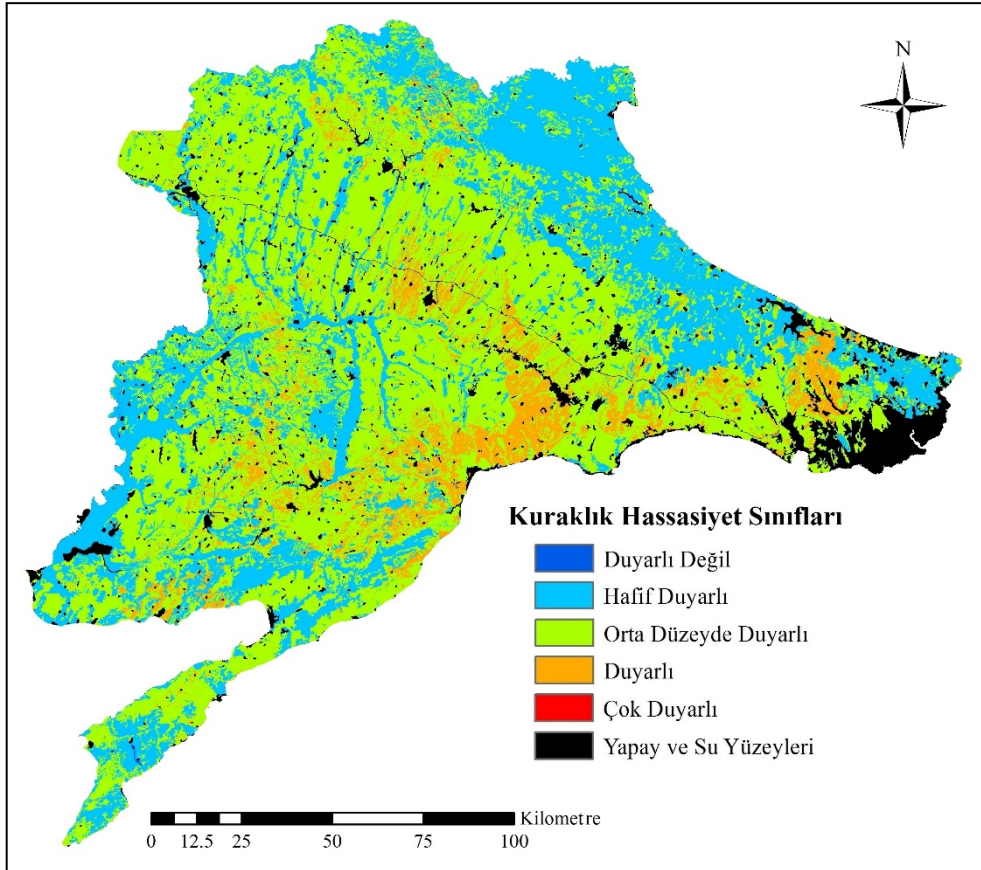


Şekil 4. Kuraklık hassasiyet sınıfı haritası

edilmesinin başlıca sebebi nüfus ve hayvancılık faaliyetleridir. Nüfusunun düşük olmasına karşın hayvancılığın büyük ölçekte yapılması nedeniyle Malkara'nın hassasiyet puanı ilçe sınırları içerisinde düşmüştür.

Susuz tarımın yaygın şekilde yapılmasına karşın Marmara Bölgesi tarım alanlarının kuraklığa dayanımı yüksek bulunmuştur. Bunun nedenleri; bölgenin sahip olduğu iklim özellikleri, topraklarının kaliteli olması, nüfus yoğunluğunun tarımsal alanlarda düşük kalması, ormanlık alanların eğimli yerlerde bulunması ve fazla tahrip edilmemiş olması, hayvan sayılarının su kaynakları üzerinde fazla baskı yapmaması, havza içerisindeki toprakların eğimlerinin düşük olmasıdır.

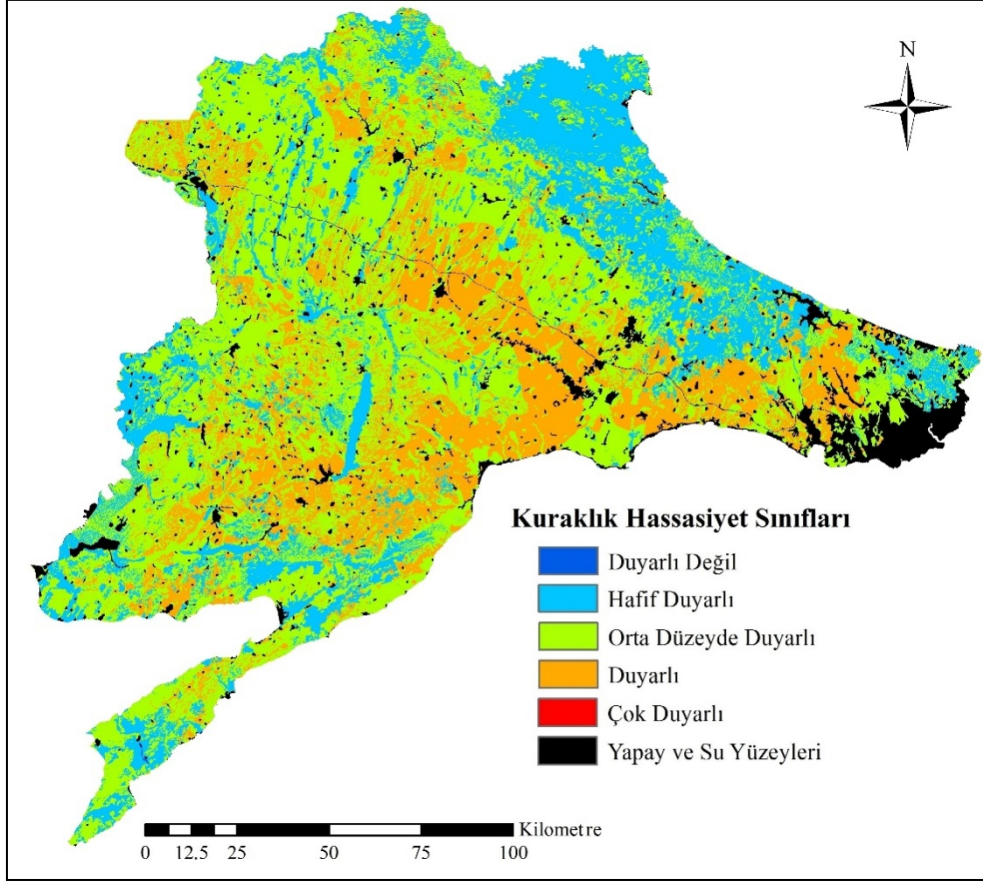
Ancak gelecek iklim senaryoları, mevcut durumun olumsuz etkileneceğini ortaya koymaktadır. Yağışların bölge genelinde 100 mm azalması durumunda oluşacak kuraklık hassasiyet sınıfları Şekil 5'te görülmektedir. Bu yağış azalımı, "Duyarlı" hassasiyet sınıfına sahip alanlarda %56 artışına sebep olmaktadır.



Şekil 5. Yıllık yağış toplamalarının 100 mm azalması durumunda kuraklık hassasiyet sınıfları.

Yıllık yağış toplamalarının 100 mm azalması ve mevsimlik yağış dağılımında görülebilecek değişikliklerin yaratacağı farkı belirlemek amacıyla, bahar ve yaz mevsimi yağışlarının yıllık

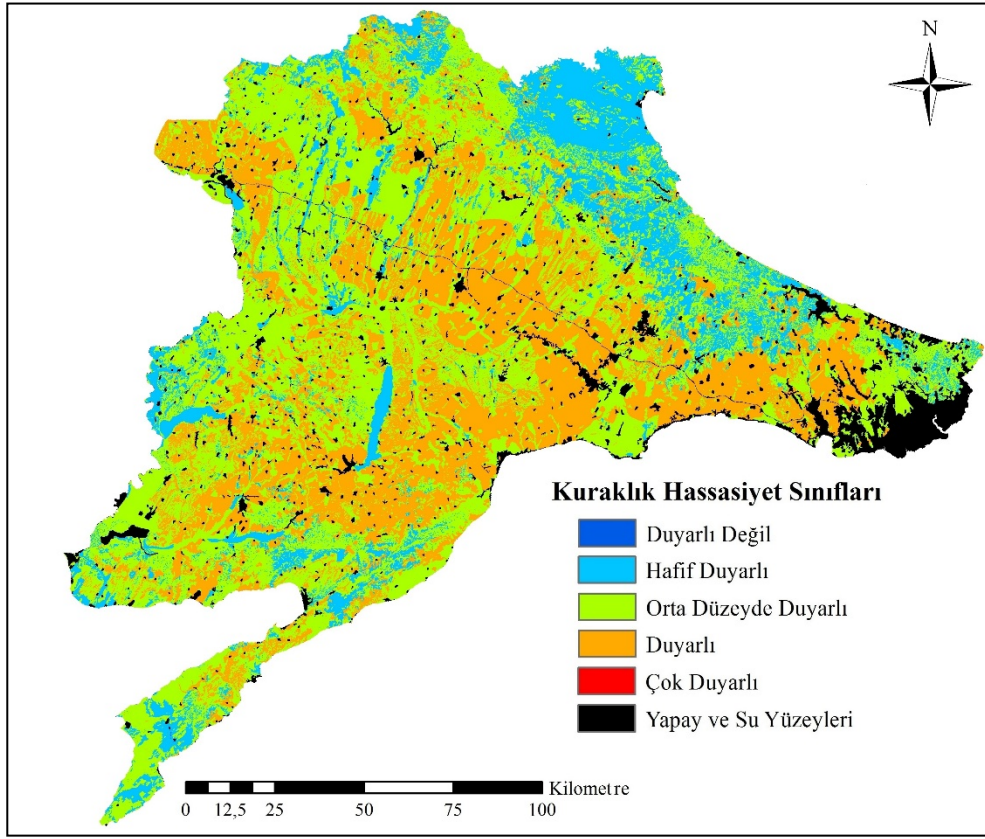
yağış toplamına oranları (BYMYTYO) %20'ye azaltılarak kuraklık hassasiyet sınıfları yeniden oluşturulmuştur. Bu durumda kuraklık hassasiyet sınıfı “Duyarlı” olan alanlar %300 artış göstermiştir. 135237 ha alana sahip olan bu kuraklık sınıfının yaklaşık 550000'a yükseldiği görülmüştür (Şekil 6).



Şekil 6. Yağışların 100 mm azalması ve BYMYTYO'nun %20'nin altına düşmesi durumunda kuraklık hassasiyet sınıfları

Kuraklığın etkisi, süresinin artmasıyla birlikte artmaktadır. Trakya, çok uzun süreli kuraklığa maruz kalan bir bölge değildir. İklim değişikliğinin etkisi ile kuraklığın süresinin ve frekansının artması durumunda, yıllık toplam ve mevsimlik toplam yağışlardaki azalmaya paralel olarak kuraklığa hassasiyet gösteren alanlarda da artma olacaktır. Bu senaryonun gerçekleşmesi durumunda oluşacak kuraklık hassasiyet haritası Şekil 7'de verilmiştir.

En kötü iklim senaryolarına göre, Trakya Bölgesi susuz tarım alanlarının büyük bir çoğunluğunun kuraklığın etkilerine savunmasız kalacağı görülmektedir. Buna karşın “Çok Duyarlı” sınıfında bir alan görülmemektedir. Bu durum, Trakya Bölgesinde ayçiçeği ve buğday tarımının gelecek dönemlerde de devam ettirilebileceğine, ancak verimde yaşanacak düşüşler için önlemler alınması gerektiğini göstermektedir.



Şekil 7. Yağışların 100 mm azalması, BYMYTYO'nun %20'nin altına düşmesi ve kuraklığın süre ve frekansının artması

4. Sonuç ve Değerlendirme

Trakya, ülkemiz yüzölçümünde büyük bir paya sahip olmasa da tarımsal üretiminde büyük bir öneme sahiptir. Trakya'nın %62'si tarım alanıdır ve Türkiye'nin en verimli havzalarından biri olan Meriç-Ergene arazilerinin büyük bir kısmının tarla kapasitesi değeri % 30'un üzerinde ve toprak derinliği 150 cm'yi geçmektedir. Meriç ve Ergene Nehirlerinin su taşıdığı bu alan çok değerli tarım arazileridir. Bununla birlikte, tarımın büyük oranda susuz koşullarda sürdürülmesi, bu bölgenin kuraklıktan ve olumsuz iklim projeksiyonlarından çok fazla etkilenme olasılığına neden olmaktadır.

Yağışlarda görülebilecek azalma dikkate alınarak oluşturulan gelecek senaryoları, tarımın susuz koşullarda yapıldığı alanların kuraklık hassasiyetinin yüksek olduğunu göstermiştir. Bu tarım alanlarının sahip olduğu yıllık yağış toplamı, tarımı yaygın yapılan ayçiçeği ve buğday için günümüzde yeterli seviyededir. Ancak, yağış miktarlarında görülebilecek azalma ile bu ürünlerde verim kaybı yaşanacağı ve üretimlerinin ekonomik olarak yapılabilmesinin mümkün olmayacağı durumların oluşabileceğini göstermektedir.

Olumsuz iklim senaryoları karşısında tarımsal üretimin ekonomik olarak sürdürülebilmesi için susuzluğa dayanıklı bitki çeşitleri üzerine araştırmalar yapmak, havza su kapasitesinin artırılması, sulamanın yaygınlaştırılması ve desteklenmesi, başarılı kuraklık yönetim planları ve tarımsal teknolojinin artırılması ilk akla gelen önlemlerdir. Bu konuda devlet kurumları, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşlarına görevler düşmektedir.

5. Kaynaklar

- Antwi-Agyei, P., Fraser, E.D.G., Dougill, A.J., Stringer, L.C., Simelton, E., (2012). Mapping the Vulnerability of Crop Production to Drought in Ghana Using Rainfall, Yield and Socioeconomic Data. *Applied Geography*, 32: 324–334.
- Blaikie P., Cannon T. ve Wisner B., 1994. *At Risk, Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Routledge, London. 288s.
- Bryant E., 2005. *Natural Hazards (2nd ed.)*. Cambridge University Press, Cambridge. p. 312.
- Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008. Hole-filled Seamless SRTM Data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT).
Ulaşım: <http://srtm.csi.cgiar.org>.
- Klute A., 1986. *Water Retention Laboratory Methods in a Klute (ed.) Methods of Soil Analysis. Part I, Physical and Mineralogical Properties*, Argon, No 9, Amer. Soc. Of Agronomy, Inc, Madison, Wisconsin, USA.
- Saaty T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, ISBN 0-07-054371-2, USA.
- Saaty T.L., 2008. *Decision Making with the Analytic Hierarchy Process*. *Int. J. Services Sciences*, 1(1): 83 –98.
- Shahid S. Ve Behrawan H., 2008. Drought Risk Assessment in the Western Part of Bangladesh. *Natural Hazards*, 46: 391–413.
- Schlichting E. ve Blume E., 1966. *Bodenkundliches Praktikum*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- Smith H.W. ve Weldon M.D., 1941. A Comparison of Some Methods for The Determination of Soil Organic Matter. *Soils Sci. Soc. Amer. Proc.*, 5: 177 – 182.
- Turner B.L.II, Kasperson R.E., Matson P.A., McCarthy J.J., Corell R.W., Christensen L., Eckley N., Kasperson J.X., Luers A., Martello M.L., Polsky C., Pulsipher A. ve Schiller A., 2003. A Framework for Vulnerability Analysis in Sustainability Science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100 (14): 8074–8079.

- Türkeş, M. 1990. Türkiye’de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi. 195 sayfa.
- Türkeş, M. 1999. Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity conditions. Turkish Journal of Engineering and Environmental Science 23: 363-380.
- Türkeş, M. 2010. Klimatoloji ve Meteoroloji. Birinci Baskı, Kriter Yayınevi - Yayın No. 63, Fiziki Coğrafya Serisi No. 1, ISBN: 978-605-4613-26-7, 650 + XXII sayfa, İstanbul.
- Türkeş, M. 2012. Küresel İklim Değişikliği ve Çölleşme. İçinde: Günümüz Dünya Sorunları – Disiplinlerarası Bir Yaklaşım (ed. N. Özgen): 1-42. Eğiten Kitap: Ankara.
- U.S. SalinityLab. Staff., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S. Government Handbook No:60, Washington.
- Wilhelmi O.V. ve Wilhite D.A., 2002. Assessing Vulnerability to Agricultural Drought: a Nebraska Case Study. Natural Hazards, 25 (1): 37-58.
- Zarafshani K., Sharafi L., Azadi H., Hosseini G., De Maeyer P. ve Witlox F., 2012. Drought Vulnerability Assessment: The Case of Wheat Farmers in Western Iran. Global and Planetary Change, 98–99: 122–130.