

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GEDİZ HAVZASI SULAMALARINDA
ETKİNLİK ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Kazım ATMACA

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Hidrolik

MANİSA 2013

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GEDİZ HAVZASI SULAMALARINDA
ETKİNLİK ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Kazım ATMACA

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 18.03.2013

Tezin Savunulduğu Tarih : 24.04.2013

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Barış YILMAZ
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Mehmet Ali YURDUSEV (CBÜ)
Prof. Dr. Bekir SOLMAZ (CBÜ)

MANİSA 2013

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	v
SEMBOL LİSTESİ	vi
TEŞEKKÜR	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA)	4
3. GEDİZ HAVZASI	8
3.1. Genel Özellikler	8
3.2. Gediz Havzası Sulama Sistemi	10
3.3. Sulama Birlikleri	13
3.3.1. Salihli Sağ Sahil Sulama Birliği	13
3.3.2. Salihli Sol Sahil Sulama Birliği	13
3.3.3. Ahmetli Sulama Birliği	14
3.3.4. Gökkaya Sulama Birliği	15
3.3.5. Turgutlu Sulama Birliği	15
3.3.6. Sarıkız Sulama Birliği	15
3.3.7. Gediz Sulama Birliği	16
3.3.8. Mesir Sulama Birliği	17
3.3.9. Menemen Sağ Sahil Sulama Birliği	17
3.3.10. Menemen Sol Sahil Sulama Birliği	18
4. VZA MODELİ VE UYGULAMA	19
4.1. Kullanılan Veriler	19
4.1. Uygulanan VZA Modeli	21
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	24
KAYNAKLAR	28

KISALTMALAR

BCC	: Banker Charnes Cooper
CCR	: Charnes Cooper Rhodes
CRS	: Constant Returns to Scale
DEA	: Data Envelopment Analysis
DMU	: Decision Making Unit
DSİ	: Devlet Su İşleri
EMS	: Efficiency Measurement System
GB	: Güven Bölgesi
IWMI	: International Water Management Institute
SKS	: Sulamada Kullanılan Su
TSA	: Toplam Sulanan Alan
TÜD	: Toplam Üretim Değeri
VRS	: Variable Returns to Scale
VZA	: Veri Zarflama Analizi

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Zarf yüzeyleri ve odaklılık	5
Şekil 3.1 Gediz Havzası	8
Şekil 3.2 Gediz Nehri ve yan kolları	9
Şekil 3.3 Aşağı Gediz Havzası sulama sisteminde ana kanal hizmet alanları	10
Şekil 3.4 Ahmetli regülatörü	11
Şekil 3.5 Emiralem regülatörü	11
Şekil 3.6 Salihli Sağ Sahil sulama kanalından bir görüntü	13
Şekil 3.7 Salihli Sol Sahil sulaması ve yetişen ürünlere ait görüntü	14
Şekil 3.8 Gediz Sulama Birliği sulama alanları ve kanallardan görünüm	16
Şekil 4.1 EMS programı model tanımlama ekranı	23
Şekil 4.2 EMS programı çıktı ekranı	23
Şekil 5.1 Sulama Birliklerinin 3 yıllık etkinlik değerleri	26

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1 Gediz Havzası Sulama Birlikleri	12
Çizelge 3.2 Gediz Havzası Sulamaları Sulama Sistemleri	12
Çizelge 3.3 Aşağı Gediz Havzası Sulama Birlikleri ve net sulama alanları	12
Çizelge 3.4 Salihli Sağ Sahil Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve kapladığı alanlar	13
Çizelge 3.4 Salihli Sağ Sahil Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve kapladığı alanlar	13
Çizelge 3.5 Salihli Sol Sahil Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve kapladığı alanlar	14
Çizelge 3.6 Ahmetli Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve kapladığı alanlar	14
Çizelge 3.7 Gökkaya Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve kapladığı alanlar	15
Çizelge 3.8 Turgutlu Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve kapladığı alanlar	15
Çizelge 3.9 Sarıkız Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve kapladığı alanlar	16
Çizelge 3.10 Gediz Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve kapladığı alanlar	16
Çizelge 3.11 Mesir Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve kapladığı alanlar	17
Çizelge 3.12 Menemen Sağ Sahil Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve kapladığı alanlar	17
Çizelge 3.13 Menemen Sol Sahil Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve kapladığı alanlar	18
Çizelge 4.1 Sulama Birliklerinin Yıllara Göre Sulama Alanları	19
Çizelge 4.2 Sulama Birliklerinin Sulamada Kullandıkları Su Miktarları	20
Çizelge 4.3 Sulama Birliklerinin Toplam Üretim Değerleri	20
Çizelge 4.4 Girdi Ağırlıkları için Belirlenen Sınır Değerler	21
Çizelge 4.5 Çalışma Yıllarında Girdiler ve Çıktı Arasında Korelasyon Değerleri	22
Çizelge 4.6 VZA Modelinde Kullanılan Normalize Veriler	22
Çizelge 5.1 2009 yılı Etkinlik Değerlendirmesi	25
Çizelge 5.2 2010 yılı Etkinlik Değerlendirmesi	25
Çizelge 5.3 2011 yılı Etkinlik Değerlendirmesi	25
Çizelge 5.4 2011 yılı Performans Değerlendirmesi	27

SEMBOL LİSTESİ

α	: Güven bölgesi alt sınırı
β	: Güven bölgesi üst sınırı
s^-	: Girdi fazlalıkları
s^+	: Çıktı eksiklikleri
u_n	: n. çıktının ağırlığı
y_n	: n. çıktının miktarı
v_m	: m. girdinin ağırlığı
x_m	: m. girdinin miktarı

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimime başladığım günden bugüne kadar, gerek Yüksek Lisans eğitimim süresince, gerekse tez konumun seçim ve hazırlanması aşamalarında şahsıma değerli zamanını ayırarak her türlü desteğini esirgemeyen danışmanım Yrd. Doç. Dr. Barış YILMAZ'a, sahip olduğu üstün akademik ilke ve değerleri, engin bilgi birikimi ve deneyimleri ile çalışmalarımı yönlendiren çok değerli hocam Prof. Dr. Tamer YILMAZ'a, Yüksek Lisans eğitimime destek veren İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Bekir SOLMAZ'a, sağladığı akademik katkılardan dolayı Arş. Gör. Dr. Serdar AYDIN'a, çalışma kapsamında verilerin temininde yardımlarından dolayı DSİ II. Bölge Müdürlüğü Barajlar ve HES Şb.Md.lüğü personeli İnş. Y. Müh. Cüneyt CİVELEK'e ve İşl.Bkm.Ş.Md.lüğü Baş.Müh. Emin Argun BARAN'a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Kazım ATMACA

Nisan 2013, İzmir

ÖZET

Tarımsal üretimi artırmak için sadece sulanan alanların miktarının artırılması değil, sulama etkinliğinin artırılması ve hatta kısıtlı su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının sağlanması da büyük önem taşımaktadır. Dolayısı ile mevcut sulamalarda sulama etkinliğinin değerlendirilmesi gerekir. Bir karar biriminin göreceli etkinliğini belirlemek için bir doğrusal programlama tekniği olan Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanımı sayesinde, bir sulama bölgesinde suyun verimli kullanılıp kullanılmadığına karar vermek mümkündür.

Bu çalışmada, 110 000 ha sulama alanına sahip Gediz Havzası'nda bulunan Ahmetli, Salihli ve Menemen Sulamalarında etkinlik analizlerinin yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Aşağı Gediz Havzasında yer alan bu sulamaları işleten toplam 10 adet sulama birliği değerlendirilmiştir. Tarımsal sulamada kullanılan su miktarı (m^3) ile sulanan alanın büyüklüğünü (ha) girdi, yıllık toplam üretim değerini (TL) ise çıktı olarak kabul eden girdi yönlü bir VZA modeli sayesinde değerlendirmeler tamamlanmıştır. Analizlerde, EMS (Efficiency Measurement System) bilgisayar yazılımı kullanılmıştır.

Analizler 2009-2011 yıllarını kapsayan 3 yıllık veriler eşliğinde yapılmış, böylelikle etkinlik skorlarının yıllar boyunca değişimi incelenmiştir. Sonuç olarak, 2009-2011 yılları arasında havzada bulunan etkin sulama birliği sayısının 3 den 6 ya yükseldiği, ancak Gediz, Mesir ve Salihli Sağ Sahil Sulama Birliklerinin düşük olan etkinliklerini arttıramadıkları belirlenmiştir. Etkin olarak çalışmadığı tespit edilen sulamalarda, etkinliği azaltıcı muhtemel sebepler incelenmiş, mevcut üretim değerine ulaşabilecekleri sulama suyu ve sulama alan miktarları sayısal değerlerle ortaya konmuştur.

ABSTRACT

Lack of water in adequate quantity and quality is one of the main constraints to augment agricultural production which will be required more in the future due to the population increase. So, great importance should be given to the issues of sustainable water use in which assessment of irrigation efficiencies will be a reasonable starting step.

By the use of Data Envelopment Analysis (DEA) which base on linear programming, it is possible to determine that the decision unit is efficient or not. In this study, the main aim is to determine irrigation efficiencies of irrigation districts located in the Gediz river basin which has 110 000 ha irrigation area. For this purpose, 10 irrigation associations which operate in the lower part of Gediz river basin are evaluated in respect of irrigation efficiency. To this end, the used input oriented DEA model consider two inputs; water volume supplied (m^3) and the total irrigated area (m^2), and one output, the total value of agricultural production (TL). The EMS (Efficiency Measurement System) software is used in the analyses. Analyses have been accompanied by a 3-year data (2009-2011), and the variation of efficiency scores over the years examined.

As a result of this study, it is determined that there has been an increment in the number of efficient irrigation districts from 3 to 6 along the relevant years; however, the irrigation districts namely Gediz, Mesir and Salihli Right Bank were not able to increase their low efficiency scores. For the inefficient irrigation districts, the possible reasons of inefficiency are investigated, and the target amounts of irrigation water and irrigation area that ensure the same agricultural production are determined.

1. GİRİŞ

Su, tüm canlı yaşamı için gerekli, vazgeçilmez ve ikame edilemez bir doğal kaynaktır. Su tüketimi ise hızlı nüfus artışı, küresel ısınma, endüstriyel ve teknolojik gelişmeler sebebiyle giderek daha da artmaktadır.

Birleşmiş Milletler in küresel su sorunları ile ilgili tespitlerine göre, dünya nüfusu geçtiğimiz yüzyılda 3 kat artmış ve aynı dönemde su kullanımı ise 6 katına çıkmıştır. Dünya nüfusunun % 20 sini oluşturan 30 ülke su kıtlığı ile karşı karşıyadır. 2015 yılında bu oranın % 30'a ulaşacağı ve 50 ülkenin su krizi yaşayacağı öngörülmektedir. 2030 yılında su talebi ve arzı arasında % 40'lık bir açık olacağı ve su stresi çeken ülkelerdeki nüfusun 6 kat artacağı beklenmektedir. Hâlihazırda su azlığı Avrupa nüfusunun % 11 ini, topraklarının da % 17 sini etkilemektedir (BM, 2013).

Dünyadaki toplam su tüketiminin % 70'i sulama, % 22'si sanayi ve % 8'i içme ve kullanma suyu amaçlıdır. Gelişmiş ülkelerde bu oranlar sırasıyla % 30, % 59, % 11 iken az gelişmiş ülkelerde % 82, % 10 ve % 8'dir.

Ülkemizdeki su tüketiminin %72' si tarımda, %18' i evsel kullanım ve %10' u sanayi sektöründe gerçekleşmektedir. Türkiye'de 2003 yılı verilerine göre 29,6 milyar m³ su sulamada, 6,2 milyar m³ içme suyu olarak ve 4,3 milyar m³ su da sanayide kullanılmıştır. 2030 yılında ise sulamada kullanılan su miktarının 72 milyar m³, içme suyunun 18 milyar m³ ve sanayide kullanılan suyun 22 milyar m³'e yükseleceği tahmin edilmektedir (DPT, 2007). Bu durum, en çok su tüketiminin gerçekleştiği tarım sektöründe su tasarrufu, sulama etkinliği ve etkin sulama yöntemlerinin önemini de arttırmaktadır.

Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi konusunda, hazırlanacak yeni sulama projelerinde modern yöntem ve tekniklerin kullanılmasının yanı sıra geçmişte yapılmış projelerin günümüz şartlarında yeniden değerlendirilmesinin gerekliliği günümüzde kabul görmektedir. Bu tip çalışmaların öncelikle etkin olmayan sulamalarda başlatılması, suyun arzının artırılmasından çok suya olan talebin azaltılması, suyun etkin kullanılması ve su tasarrufu gibi konular güncelliğini ve önemini korumaktadır.

Türkiye'nin en önemli sulama projelerinden biri olan Gediz Havzası sulamasının da bu kapsamda değerlendirilmesi yerinde bir yaklaşım olacaktır. Bu projenin en önemli halkası olan Demirköprü Barajı enerji temini, taşkın kontrolü ve Gediz ovasının sulanması amacıyla inşa edilmiş ve 1960'da işletmeye alınmıştır. Projenin ikinci önemli yapısı olan Gölarmara Gölü ise,

1980'li yılların başında işletmeye alınana kadar doğal bir göl olarak işlev görmüş bu tarihten sonra kontrollü bir depolamaya dönüştürülmüştür. Demirköprü Barajı ve Gölarmara Gölü, Aşağı Gediz sulamaları olarak adlandırılan projenin iki temel su kaynağıdır ve yaklaşık 97 000 ha alanı sulamaktadır. Bu tesislerden bırakılan suların sulama şebekelerine iletilmesi amacıyla inşa edilen Adala, Ahmetli ve Emiralem regülatörleri ile her iki tesisten alınan su sırasıyla Adala, Ahmetli ve Menemen sulamalarını beslemektedir.

Gediz Havzası sulamalarında performans değerlendirmesi olarak literatürde yapılmış başlıca çalışmalar aşağıda özetlenmiştir. Silay ve Gündüz (2007) Demirköprü Barajı su bütçesi ve sulama performanslarının değerlendirilmesi konulu çalışmaları sonucunda Aşağı Gediz sulama projesinin bir master plan kapsamında yeniden değerlendirilerek revize edilmesi ve özellikle sulama sistemi ve şebekesinin basınçlı sisteme dönüştürülmesi için çalışmaların en kısa sürede başlaması gerektiği belirtmiştir. Ayrıca gerek Demirköprü Barajına ve gerekse Gölarmara Gölüne ait son 30 yıllık akım değerleri dikkate alındığında su bütçesi açısından giderek daha olumsuz bir duruma gelindiğini, tesislerden bırakılan su ile sulanması planlanan alanın ancak % 63'ünün sulanabildiğini belirtmiştir.

Akkuzu ve Mengü (2012) ise sulama şebekelerinin sistem başarılarının değerlendirilmesinde Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü (IWMI) tarafından geliştirilen karşılaştırma göstergelerini kullanarak, Aşağı Gediz Havzasında yer alan sulama birliklerinde 2002–2008 yıllarını için sistem performansını değerlendirilmiştir. Sulama birliklerinin performansında zaman içerisinde artış görüldüğü sonucuna ulaşmışlardır.

Kıymaz (2006), Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilen ve Gediz Havzasında yer alan sulama tesislerinin fiziksel, ekonomik, kurumsal işletme, bakım ve yönetim etkinliklerini incelemiştir. DSİ'ye devir öncesi ve devir sonrası olmak üzere iki ana grup esas alınarak, sulama birliklerinde üreticilerin ve birlik yöneticilerinin karşılaştığı teknik, yasal, ekonomik, sosyal ve çevresel sorunlar belirlenmiştir. Değerlenen sorunların çözümüne yönelik uygulanabilir öneriler sunulmuştur.

Çetinkaya ve Barbaros (2008), Gediz Havzası'nda yaptıkları çalışmada, havzada su arz ve talebini etkileyen sosyal, ekonomik ve iklimsel gösterge ve değişkenleri incelemiş; bir su bütçesi benzeşim modeli aracılığıyla farklı tepki senaryoları altında havzada oluşacak su kullanımı ve talebini irdelenmişlerdir. Sonuç olarak havzada su bütçesi açısından atılması gereken ilk adımının mevcut sulama sistemlerinin iyileştirilmesi olduğunu ifade etmişlerdir.

Akgül (2009) Gediz Havzasında su bütçesi elemanlarındaki değişimin tarımsal su kullanımına etkisini araştırdığı doktora tezinde yüzey sulama sisteminden basınçlı sulama sistemine dönüşüm ile havzada ilave 35 200 hektarlık bir alanın sulanabileceği belirlemiştir.

Sulama birliklerinin etkinliklerini konu alan bir diğer çalışmada Yılmaz ve diğerleri (2009), Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanılarak Büyük Menderes Havzası'nda bulunan benzer tipteki sulamalarda göreceli etkinlik analizleri yapmış, analiz sonuçlarıyla sulamaların etkinlik değerleri ve maksimum etkinliğe ulaşılması için gerekli girdi miktarları tanımlamıştır. VZA'nın etkin olmayan sulamaların belirlenmesi için oldukça yararlı bir araç olduğu belirtilmiştir.

Ayrıca, veri zarflama analizinin kullanıldığı ve su kaynakları yönetimi ile ilgili olan diğer çalışmalarda bulunmaktadır. Thanassoulis (2000) İngiltere'de bulunan su şirketlerinin etkinlik analizleri üzerine çalışmıştır. Sulama alanlarının (Diaz ve ark., 2004), rezervuarlar sistemlerinin (Srdjevic ve ark, 2005) etkinlik analizlerini konu alan çalışmalarda da VZA kullanımı görülmektedir.

Bu çalışmada, 110 000 ha sulama alanına sahip Gediz Havzası'nda bulunan Ahmetli, Salihli ve Menemen Sulamalarında etkinlik analizlerinin yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Aşağı Gediz Havzasında yer alan bu sulamaları işleten toplam 10 adet sulama birliği değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede, tarımsal sulamada kullanılan su miktarı (m^3) ile sulanan alanın büyüklüğünü (ha) girdi, yıllık toplam üretim değerini (TL) ise çıktı olarak kabul eden girdi yönlü bir Veri Zarflama Analizi (VZA) modeli EMS (Efficiency Measurement System) bilgisayar yazılımı yardımıyla kullanılmıştır. Analizler 2009-2011 yıllarını kapsayan 3 yıllık veriler eşliğinde yapılmış, etkinlik değerlerinin yıllar boyunca değişimi incelenmiş, böylece sonuçların daha güvenilir olması sağlanmıştır. Etkin olarak çalışmadığı belirlenen sulama birliklerinde, etkinliği azaltan muhtemel sebepler araştırılmış, etkin olarak çalışmaları halinde mevcut çıktıya ulaşılması için yeterli girdi miktarları sayısal değerlerle ortaya konmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde araştırmada kullanılan yöntem (VZA) açıklanmış, üçüncü bölümünde çalışma alanı olarak seçilen Gediz Havzası hakkında detaylı bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde yöntemin uygulanmasına; son bölümde ise sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ (VZA)

Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis, DEA) ilk olarak Farrell'in 1957 yılında ortaya koyduğu çalışmadaki teknik etkinlik tanımından yola çıkarak Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) tarafından, ürettikleri mal ve hizmet açısından birbirlerine benzer karar birimlerinin göreceli etkinliklerini ölçmek üzere geliştirilmiştir. Bu noktada VZA, benzer girdiler kullanarak çıktı ya da çıktılar ortaya koymakla sorumlu karar biriminin (DMU) göreceli etkinliğini değerlendirmek için kullanılan ve doğrusal programlama tabanlı bir yöntem olarak tanımlanabilir.

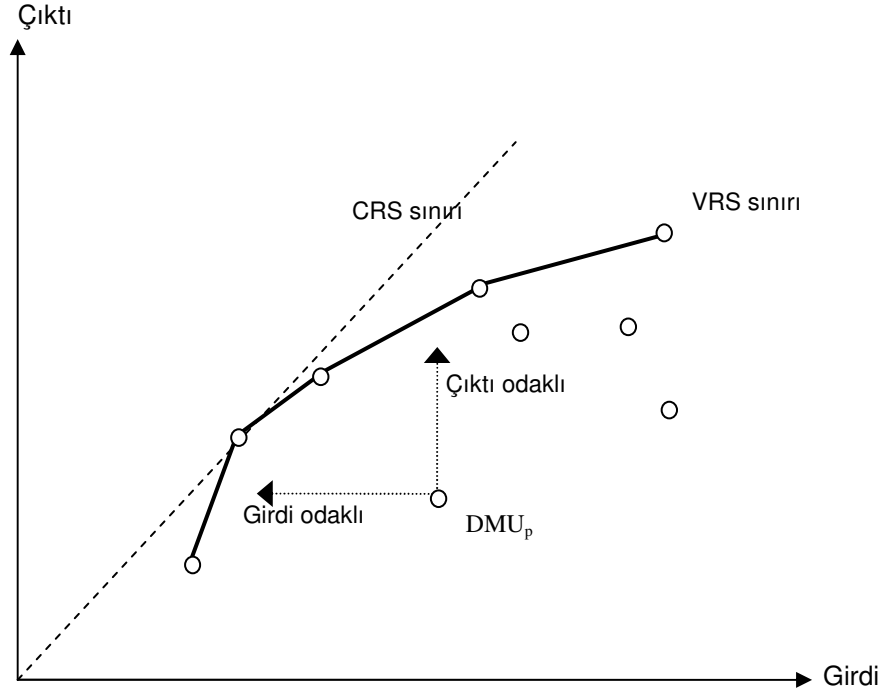
Veri Zarflama Analizini benzer amaçlı diğer yöntemlerden ayıran temel özellik, çok sayıda girdi ve çıktının olduğu durumlarda değerlendirme yapılabilmesidir. Analiz sonucunda, her karar biriminin etkinlik değeri, etkin olmayan karar birimlerinin hangi girdi/çıkıtı oranlarında etkinliklerinin artırılabilceği ve referans olarak kullanılabilecek karar birimlerine ait bilgiler elde edilir.

Veri Zarflama Analizinde temel etkinlik ölçütü, çıktıların ağırlıklı toplamalarının girdilerin ağırlıklı toplamalarına bölümüdür. Diğer bir deyişle herhangi bir karar biriminin etkinliği denklem (2.1) deki gibi tanımlanır. Bu değer 0 ve 1 arasındadır. 1 değeri karar biriminin etkin olduğunu, 1 den küçük değerler ise etkin olmadığını gösterir.

$$Etkinlik = \frac{\text{ağırlıklı çıktıların toplamı}}{\text{ağırlıklı girdilerin toplamı}} = \frac{u_1 y_1 + u_2 y_2 + \dots + u_n y_n}{v_1 x_1 + v_2 x_2 + \dots + v_m x_m} \quad (2.1)$$

(2.1) denkleminde n adet çıktı ve m adet girdi vardır. Burada, u_n n. çıktının ağırlığını, y_n n. çıktının miktarını, v_m m. girdinin ağırlığını ve x_m m. girdinin miktarını göstermektedir.

Veri Zarflama Analizinde kullanılan yöntemler, girdi ya da çıktı odaklı olarak çözülebilir. Burada girdi odaklılık, çıktı miktarlarının sabit tutularak girdi miktarlarında meydana gelecek değişimlerin (azalmanın) incelenmesi, çıktı odaklılık ise girdi miktarlarının sabit tutularak çıktı miktarlarında meydana gelecek değişimlerin (artmanın) incelenmesi olarak tanımlanmıştır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Zarf yüzeyleri ve odaklılık

Veri Zarflama Analizinde temel olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler, CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) ve BCC (Banker-Charnes-Cooper) yöntemidir. CCR yöntemi (Charnes ve diğerleri, 1978) ölçeğe göre sabit getiri varsayımına (constant returns to scale - CRS) dayanır. Bu durumda amaç fonksiyonu girdi odaklılık varsayımı altında denklem (2.2) gibi ifade edilir. Bu denklem doğrusal programlama mantığı ile ifade edilirse denklem (2.3) elde edilir.

$$\max \frac{\sum_{r=1}^n u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} \quad (2.2)$$

Kısıtlar:

$$\frac{\sum_{r=1}^n u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} \leq 1$$

$$u_r \geq 0$$

$$v_i \geq 0$$

$$\max \sum_{r=1}^n u_r y_r \quad (2.3)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_i = 1$$

$$u_r \geq 0$$

$$v_i \geq 0$$

$$\sum_{r=1}^n u_r y_r - \sum_{i=1}^m v_i x_i \geq 0$$

Kurulan model her bir karar birimi için çözüldüğünde her bir karar birimi için toplam etkinlik değerleri elde edilecektir. Bu değerin 1 olması karar biriminin etkin olduğunu, 1 den küçük olması ise etkin olmadığını gösterir.

Banker-Charnes-Cooper tarafından geliştirilmiş olan BCC modeli ise CCR modelinin varsayımlarında değişiklik yapılarak elde edilmiş bir modeldir (Banker ve diğerleri, 1984). Bu model temelde ölçeğe göre değişken getiri (variable returns to scale - VRS) yaklaşımına dayanır. Diğer bir ifade ile, CRS yaklaşımında girdilerdeki artış çıktılarda orantılı bir artışa sebep olurken, VRS yaklaşımında girdilerdeki artış çıktılarda orantılı olmayan bir artışa sebep olmaktadır.

Dyson ve diğerleri (2001) veri zarflama analizinde kullanılacak olan en az karar birimi sayısını girdi sayısının çıktı sayısı ile çarpımının iki katı olarak alınmasını tavsiye etmektedir. Ayrıca girdi ve çıktı sayısı arttıkça ayırt edicilik özelliğinin azalacağını, girdi ve çıktılar arasında bir korelasyonun da mevcut olmasının gerekliliği belirtmiştir. Sarkis (2000), VZA da kullanılacak olan girdilerin ve çıktıların normalize edilerek analiz edilmesinin seçicilik özelliğini arttıracığını belirtmiştir.

Karar birimlerinin etkinlik değerlerinin tespitinde kullanılan denklem (2.3) de ağırlıklar sınırlandırılmamıştır. Bu durum uygun olmayan girdi ve çıktı ağırlıklarına ve dolayısıyla göreceli olarak yüksek etkinlik değerlerinin bulunmasına yol açabilir. Örneğin; bu çalışmada olduğu gibi, bir sulama sisteminin etkinlik analizinde su ya da sulanan alan girdisinin ağırlığını sıfır olarak alan bir sonuçla karşılaşılabilir. Bu gerçekte mümkün değildir.

Ağırlıkların sınırlandırılması girdi ve çıktılarda önem seviyelerine göre atanarak yönetsel tercihlerin modele tanıtılması için gereklidir. Ağırlık sınırlandırmaları ve ilgili metotlar birçok araştırmacı tarafından önerilmektedir (Charnes ve diğerleri, 1990; Dyson ve Thanassoulis, 1988; Thanassoulis ve Allen, 1998; Thompson ve diğerleri, 1990; Wong ve Beasley, 1990; Lins ve diğerleri, 2007). Ağırlık sınırlandırması ile ilgili olarak güven bölgesi (GB) yaklaşımı yaygın olarak kullanılmaktadır (Allen ve diğerleri, 1997; Sarkis, 2000). Bu yöntemde karar vericilerin tercihlerinin değerlendirme sürecine katılabilmesi için her bir girdi için GB nin alt (α) ve üst sınırlar (β) belirlenmelidir. Bu sınırlar belirlendikten sonra bu ağırlık sınırlandırmaları da lineer programlamaya birer kısıt olarak ilave edilir.

VZA nın bir diğer avantajı etkin olmayan karar birimleri için mevcut girdilerle oluşturulabilecek çıktıların veya aynı çıktı için gerekli girdilerin hedef değerlerini belirlemesidir (Coelli, 1996). Bu amaçla, girdi fazlalıkları (s^-) ve çıktı eksiklikleri (s^+) elde edilir ve e_p p karar biriminin etkinlik değerini göstermek üzere, p karar biriminin j. girdisi (x_{jp}^*) ile k. çıktısı (y_{kp}^*) için hedef değerler denklem (2.4) de gösterildiği gibi hesaplanır:

$$x_{jp}^* = x_{jp} e_p - s_j^- \quad j = 1, 2, \dots, m$$

$$y_{kp}^* = y_{kp} e_p + s_k^+ \quad k = 1, 2, \dots, s \quad (2.4)$$

Veri Zarflama Analizi modellerinin çözümü için yazılmış çok sayıda paket program vardır. Bunlardan bazıları Excel eklentisi olan DEA-Solver (SAITECH, 2003), EMS (Schell, 2000) ve DEAP 2.1 (Coelli, 1996) dir.

3. GEDİZ HAVZASI

3.1. Genel Özellikler

Türkiye'nin batısında yer alan Gediz Havzası 17 500 km² lik yağış alanıyla, Türkiye'nin 25 ana akarsu havzası içinde drenaj alanı açısından 20. büyük nehir havzasıdır. 1,95 km³ yıllık ortalama akışı ile yaklaşık 386 km uzunluğundaki Gediz nehri Kütahya'nın Gediz ilçesi sınırları içinde 2312 m yüksekliğindeki Murat dağından doğar, doğudan batıya doğru akar ve Ege denizinde son bulur.

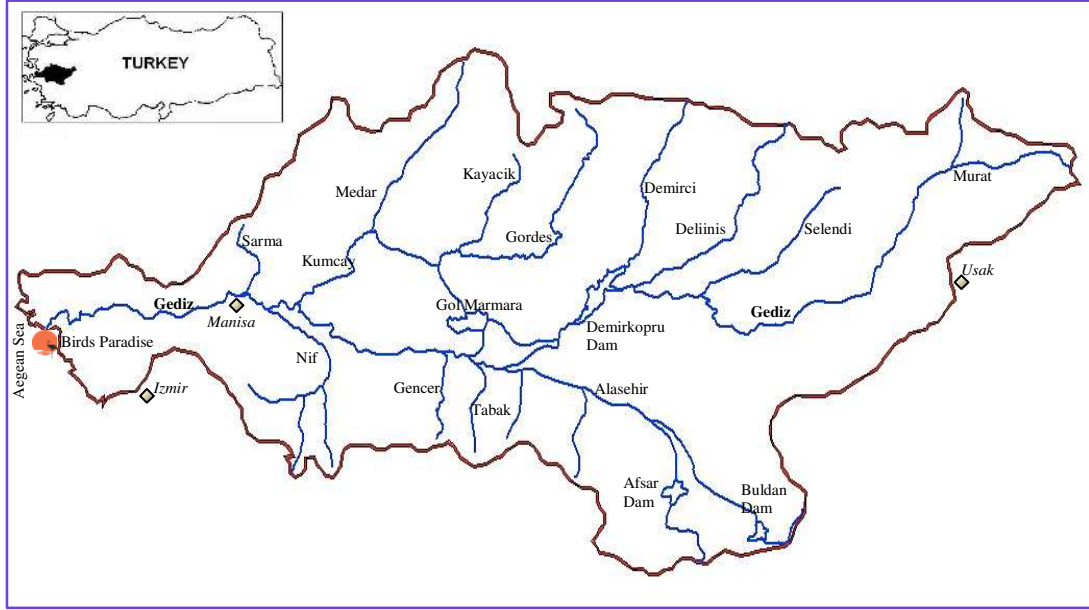
Havza 38°04' – 39°13' Kuzey enlemleri ile 26°02'– 29°45' Doğu boylamları arasında yer alır. Havzanın kuzeyinde Kuzey Ege ve Susurluk havzaları, güneyinde Küçük ve Büyük Menderes havzaları bulunur (Şekil 3.1). Havza içerisinde İzmir, Manisa ve Uşak illeri yer almaktadır.



Şekil 3.1. Gediz Havzası

Gediz Havzasında yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ılık ve yağışlı olan tipik Akdeniz iklimi görülür. Havzanın doğu ucundaki yüksek kesimleri Akdeniz iklimi ile kara iklimi arasında bir geçiş bölgesi oluşturur. Bu kesimlerde özellikle kış aylarında kar yağışı gözlenir ve sıcaklıklar daha düşüktür. Havzanın yıllık ortalama yağışı 635 mm civarındadır. Havzanın batı ucundaki delta alanında 10 m kotundaki Menemen ilçesinde yıllık toplam yağış 484 mm iken, havzanın doğu ucunda 850 m kotundaki Gediz ilçesinde yıllık toplam yağış 760 mm' ye ulaşır. Ortalama olarak yıllık yağışın % 75'i Aralık ile Nisan ayları arasındaki 5 aylık dönemde düşer (DSİ, 2005).

Gediz nehrine Yukarı Gediz olarak adlandırılan Demirköprü Barajının membasındaki kesimde kuzeyden üç büyük kol, Deliiniş, Selendi ve Demirci çayları katılır. Aşağı Gediz olarak adlandırılan Demirköprü Barajının mansabındaki kesimde ise doğudan Alaşehir çayı, kuzeyden Kumçayı, güneyden de Nif çayı katılır. Havza yükseklikleri, deniz seviyesi ile 2 300 m arasında değişmekte ve havzada Göl Marmara Gölü, çok amaçlı kullanılan Demirköprü Barajı ve sulama amaçlı bazı küçük gölet ve barajlar bulunmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Gediz Nehri ve yan kolları (Yılmaz, 2009)

Havzada yaygın olarak pamuk, mısır, üzüm, sebze ve meyveler, zeytin, tütün ve bostan yetiştirilmektedir. Tarım dışı alanda doğal vejetasyon ise genellikle çalı ve ormandır (Droogers ve diğerleri, 1999). Havza nüfusu 2000 Yılı Genel Nüfus Sayımına göre, bir milyon altı yüz bin kişinin üzerindedir. Nüfusun % 55' i şehir merkezlerinde, % 45' i ise, bucak, köy ve mahallelerde yaşamaktadır (DSİ, 2005).

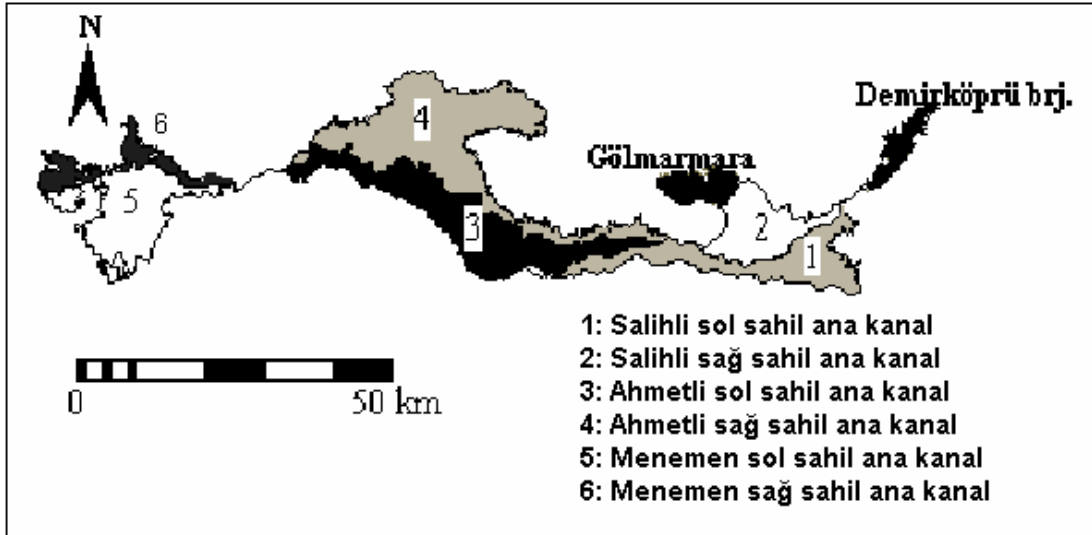
Gediz Nehri hem havzanın hem de İzmir'in içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamaktadır. Gediz deltası ve sulak alanı (205 kuş ve 308 bitki türünü barındıran İzmir Kuş Cenneti) yasa ile koruma altına alınmış; 1997'de Ramsar Anlaşması kapsamına dâhil edilmiş bir alan olması bakımından da ayrı bir önem taşımaktadır (Yılmaz ve diğerleri, 2008).

Hâlihazırda Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından havzada birçok yatırım yapılmıştır. Bunlardan Demirköprü, Afsar ve Buldan Barajları; Çömlekçi, Adala, Marmara, Emiralem, Ahmetli ve Buldan bağlamaları DSİ tarafından; Akpınar, Alaşehir, Sarıgöl, Adala I ve II, Gökkaya, Ahmetli, Maltepe, Menemen, Türkeli ve Emiralem sulama sistemleri ise sulama birlikleri tarafından

işletilmektedir. Gediz Havzasında tarımsal su ihtiyacı genelde yüzeysel sulardan, endüstriyel ve kentsel su ihtiyaçları ise yeraltısuyundan karşılanmaktadır. En büyük su tüketicisi konumunda bulunan tarımda kullanılan su iletim ve sulama sistemleri eskimiş sistemlerdir ve çiftlik randımanı havza genelinde yaklaşık olarak % 60'dır. (Çetinkaya ve Barbaros, 2008).

3.2. Gediz Havzası Sulama Sistemi

Sistemde su, Demirköprü Barajından alınarak, membadan mansaba doğru sırasıyla Adala, Ahmetli ve Emiralem Regülatörleri ve bunlara bağlı 6 adet ana kanal aracılığıyla dağıtılmaktadır. Sistemde sulamanın yoğun olduğu aylarda, ek su kaynağı olarak Marmara Gölü'nden Ahmetli ve Menemen regülatörlerine ait ana kanallara su verilmektedir. (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Aşağı Gediz Havzası Sulama Sisteminde ana kanal hizmet alanları

Adala regülatöründen Adala Sağ Sahil (Gölmarmara Gölü besleme kanalı) ve Sol Sahil sulamalarına (24 875 ha), Ahmetli regülatöründen (Şekil 3.4) Ahmetli Sağ Sahil ve Sol Sahil sulamalarına (64 056 ha) ve Emiralem regülatöründen Menemen Sağ Sahil ve Sol Sahil sulamalarına sulama suyu verilmektedir.

Menemen sulama şebekesinin ve Emiralem regülatörünün inşaatına 1938 yılında başlanılmıştır. Ancak II. Dünya Savaşı nedeniyle Menemen Sol Sahil sulaması 1944 yılında, Sağ Sahil sulaması ise 1974 yılında işletmeye açılabilmiştir. Menemen Sağ Sahil net sulama alanı; 1978 yılında Bağarası, 1982 yılında da Türkelli pompaj sulamalarının açılmasıyla 6 365 ha'a yükselmiştir. Menemen Sol Sahil sulama şebekesi, Emiralem regülatöründen (Şekil 3.5) ayrılan 12 m³/s kapasiteli ana kanal ve bundan ayrılan beş sekonder kanaldan oluşmaktadır.



Şekil 3.4. Ahmetli Regülatörü



Şekil 3.5. Emiralem Regülatörü

1995 yılına kadar Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından yürütülen Gediz Havzası Sulama Sisteminin işletimi 14 adet sulama birliğine devredilmiştir (Çizelge 3.1). Bu çalışma kapsamında Aşağı Gediz Havzasında bulunan ve benzer bitkilerin yetiştirildiği 10 adet sulama birliği incelenmiştir. Sulama birliklerinin net sulama alanı 112 952 ha'dır ve birliklerin açılmaya başladığı yıllar değişim göstermektedir 1944–1996 yılları arasında 14 adet sulama birliği kurularak işletmeye açılmıştır. Toplam sulama alanının % 35,4'ü klasik kanal, % 64,6'sı ise kanalet sistemi şeklindedir. (Çizelge 3.2.) Sulama alanının tamamı yüzey sulama yöntemleri ile sulanmaktadır. Aşağı Gediz Havzası Sulama sisteminde yer alan ana kanallar, hizmet ettikleri birlikler ve net sulama alanları Çizelge 3.3.' de verilmiştir. Bazı sulama birliklerinin farklı sulama kanallarından su aldıkları, Adala ana kanalına sadece Demirköprü Barajından su temin ettiği görülmektedir.

Çizelge 3.1. Gediz Havzası Sulama Birlikleri (DSİ, 2000)

Sulama Birliği	Bulunduğu Yer		İşletmeye Açıldığı Yer	Kuruluş Yılı	Net Sulama Alanı (ha)
	İli	İlçesi			
Menemen Sağ Sahil	İzmir	Menemen	1974	1995	6,365
Menemen Sol Sahil	İzmir	Menemen	1944	1995	16,500
Gediz	Manisa	Merkez	1965-1975	1995	10,962
Mesir	Manisa	Merkez	1968-1974	1995	13,679
Sarıkız	Manisa	Saruhanlı	1965	1995	13,702
Turgutlu	Manisa	Turgutlu	1965	1995	12,102
Gökkaya ve Çevre Köyleri	Manisa	Ahmetli	1983	1994	997
Ahmetli	Manisa	Ahmetli	1965	1995	3,275
Salihli Sağ Sahil	Manisa	Salihli	1944	1994	9,101
Salihli Sol Sahil	Manisa	Salihli	1968	1994	9,210
Üzüm*	Manisa	Alaşehir	1979	1995	6,930
Bağ*	Manisa	Alaşehir	1979	1995	4,486
Sarıgöl*	Manisa	Sarıgöl	1969	1994	1,927
Bergama Kestel*	İzmir	Bergama	1989	1996	3,716
TOPLAM	-	-	-	-	112,952

* Bu çalışma kapsamında değerlendirilmemiştir.

Çizelge 3.2. Gediz Havzası Sulamaları Sulama Sistemleri (DSİ, 2000)

Sulamanın Adı	Sulama Sistemlerine Göre Toplam Sulama Alanı				
	Klasik Sistem		Kanaletli Sistem		Toplam Sulama Alanı
	ha	%	ha	%	
Menemen	5,156	23,0	17,709	77,0	22,865
Bergama	196	5,0	3,520	95,0	3,716
Ahmetli	22,493	41,0	32,224	59,0	54,717
Salihli	12,195	67,0	6,116	33,0	18,311
Alaşehir	-	-	11,416	100,0	11,416
Sarıgöl	-	-	1,927	100,0	1,927
TOPLAM	40,040	35,4	73,303	64,6	112,952

Çizelge 3.3. Aşağı Gediz Havzası Sulama Birlikleri ve net sulama alanları

Ana Kanallar	Sulama Birliği	Net Sulama Alanı (ha)	Su Kaynağı
Adala sol	Salihli Sol Sahil, Gökkaya, Ahmetli, Turgutlu	13 696	Demirköprü Barajı
Adala sağ	Salihli Sağ Sahil	9 101	
Ahmetli sol	Ahmetli, Turgutlu, Mesir	23 013	Demirköprü Barajı ve Gölü
Ahmetli sağ	Ahmetli, Turgutlu, Sarıkız, Gediz	27 219	
Menemen sol	Menemen Sol Sahil	16 500	
Menemen sağ	Menemen Sağ Sahil	6 365	

3.3. Sulama Birlikleri

3.3.1. Salihli Sağ Sahil Sulama Birliği

Manisa ili Salihli ilçesinde bulunan Salihli Sağ Sahil Sulama Birliği Adala (Salihli) sulamasının en büyük sulama birliği olup net sulama alanı 9 976 hektardır. (Şekil 3.6.) Birliğe ait alanlarda 2009–2011 yılları arasında toplam sulanan alan miktarı ortalama 6 168 ha düzeyindedir. Birliğe ait sulama alanında ağırlıklı olarak pamuk, bağ, sebze, mısır, hububat, yem bitkileri, meyve ve zeytinlik yetiştirilmektedir (Çizelge 3.4).



Şekil 3.6. Salihli Sağ Sahil sulama kanalından bir görüntü

Çizelge 3.4. Salihli Sağ Sahil Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve Kapladığı Alanlar (da)

YILLAR	Pamuk	Bağ	Mısır	Sebze	Hububat	Meyve	Yem Bitkileri	Zeytinlik	TOPLAM
2009	600	18500	23100	1700	-	510	1200	-	45610
2010	7200	18350	32650	2000	11000	1800	1000	400	74400
2011	8584	12315	31834	1652	8155	671	1815	10	65036

3.3.2. Salihli Sol Sahil Sulama Birliği

Adala (Salihli) Sulamasının 9 210 ha alana sahip bir sulama birliği olan Salihli Sol Sahil Sulama Birliğine ait sulama alanında ağırlıklı olarak pamuk, bağ, sebze, mısır, hububat, meyve, bostan ve yem bitkileri yetiştirilmektedir (Şekil 3.7). Birliğe ait alanlarda 2009-2011 yılları arasında toplam sulanan alan ortalama 5 407 ha düzeyindedir.



(a) (b)
Şekil 3.7. Salihli Sol Sahil Sulaması (a) ve yetiştirilen ürünlere ait görüntü (b)

Sulanan alan miktarı en fazla 56084 dekar ile 2011 yılında, en az 53002 dekar ile 2009 yılında kaydedilmiştir. Sulanan ürünler dikkate alındığında, 2009–2011 yılları arasında bağ ve mısır alanları hakim olup pamuk 2011 yılında 1599 dekara kadar ilerlemiş, hububat 2010 yılından itibaren bitki desenine girmiştir (Çizelge 3.5).

Çizelge 3.5. Salihli Sol Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve Kapladıkları Alanlar (da)

YILLAR	Pamuk	Bağ	Mısır	Sebze	Hububat	Meyve	Bostan	Yem Bitkileri	Zeytinlik	TOPLAM
2009	87	36388	11548	1969	-	452	148	2378	32	53002
2010	844	30098	12337	1997	5468	430	57	1878	27	53136
2011	1599	34136	11860	2484	3170	562	45	2078	150	56084

3.3.3. Ahmetli Sulama Birliği

Ahmetli Sulama Birliğinin 3 276 ha sulama alanında ağırlıklı olarak pamuk, bağ, domates, mısır ve sebze yetiştirilmektedir. Birliğe ait alanlarda 2009-2011 yılları arasında toplam sulanan alan miktarı ortalama 1487 ha düzeyindedir. Sulanan alan miktarı en fazla 14920 dekar ile 2011 yılında, en az 14603 dekar ile 2010 yılında kaydedilmiştir. Sulanan ürünler dikkate alındığında, 2009-2011 yılları arasında bağ hakim olmuştur (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Ahmetli Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve Kapladıkları Alanlar (da)

YILLAR	Pamuk	Bağ	Mısır	Sebze	Hububat	Meyve	Bostan	Yem Bitkileri	Zeytinlik	TOPLAM
2009	34	14017	408	299	74	126	76	8	54	15096
2010	276	13346	534	321	-	68	30	-	28	14603
2011	233	13382	716	379	-	106	24	-	80	14920

3.3.4. Gökkaya Sulama Birliği

997 ha alanı olan Gökkaya Sulama Birliği Gediz Havzasında bulunan en küçük alana sahip sulama birliğidir. 2009-2011 yılları arasında toplam sulanan alan miktarı ortalama 561 ha düzeyindedir. Sulanan alan miktarı en fazla 6250 dekar ile 2009 yılında, en az 4375 dekar ile 2011 yılında kaydedilmiştir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Gökkaya Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve Kapladıkları Alanlar (da)

YILLAR	Bağ	TOPLAM
2009	6250	6250
2010	6210	6210
2011	4375	4375

3.3.5. Turgutlu Sulama Birliği

Manisa ili Turgutlu ilçesinde bulunan Turgutlu Sulama Birliği Adala Sol Sahil Sulaması, Ahmetli Sol ve Sağ Sulamalarının bir parçasıdır ve net sulama alanı 12 102 hektardır. Birliğe ait sulama alanında ağırlıklı olarak mısır, pamuk, bağ, sebze, meyve ve zeytinlik yetiştirilmektedir. Çizelge 3.8'de verilen grafikte de görüldüğü gibi birliğe ait alanlarda 2009-2011 yılları arasında toplam sulanan alan miktarı ortalama 38000 dekar düzeyindedir. Sulanan alan miktarı en fazla 38860 dekar ile 2009 yılında, en az 36870 dekar ile 2011 yılında kaydedilmiştir. Sulanan ürünler dikkate alındığında, 2009-2011 yılları arasında mısır ve bağ alanları ağırlıklıdır. Pamuk ekim alanları 2009 yılında 85 dekar iken 2011 yılına gelindiğinde 2400 dekara çıkmıştır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Turgutlu Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve Kapladıkları Alanlar (da)

YILLAR	Pamuk	Bağ	Mısır	Sebze	Meyve	Zeytinlik	TOPLAM
2009	85	24370	9170	1270	3805	160	38860
2010	628	21094	11153	1035	4123	257	38290
2011	2400	19820	9780	690	4040	140	36870

3.3.6. Sarıkız Sulama Birliği

Ahmetli Sağ Sahil Sulamasının 13 702 hektar alanına sahip Sarıkız Sulama Birliğinde pamuk, bağ, mısır ve her çeşit sebze yetiştirilmektedir. Ortalama sulanan alan 8000 ha dır. Birliğe ait alanlarda 2011 yılında toplam sulanan alan miktarı 84940 dekar düzeyine ulaşmıştır. 2009 yılında ise sulanan alan miktarı en düşük düzeyde (74403 da) kalmıştır. Sulanan ürünler dikkate

alındığında, 2009-2011 yılları arasında bağ ve mısır alanları hakim iken 2011 yılında bu ürünlere pamuk ve yem bitkileri alanları eklenmiştir. (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. Sarıkız Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve Kapladıkları Alanlar (da)

YILLAR	Pamuk	Bağ	Mısır	Sebze	Bostan	Yem Bitkileri	Çayır- Mera	TOPLAM
2009	250	38740	21910	4490	3494	150	5369	74403
2010	3094	37979	27527	4629	2519	-	5369	81117
2011	8873	36240	28938	2515	1619	1386	5369	84940

3.3.7. Gediz Sulama Birliği

Gediz Sulama Birliği 10 962 hektar alana sahip olan bir sulama birliğidir (Şekil 3.8). Ağırlıklı olarak pamuk, bağ ve mısır yetiştirilmektedir. Çizelge 3.10'da verilen grafikte de görüldüğü gibi birliğe ait alanlarda 2009-2011 yılları arasında toplam sulanan alan miktarı ortalama 3 544 ha düzeyindedir. Sulanan ürünler dikkate alındığında, 2009 ve 2010 yılları arasında mısır ve bağ alanları hâkim iken 2011 yılında pamuk alanı artmış ve yem bitkileri de bitki desenine girmiştir. Yıllar itibarıyla sulama altındaki pamuk ekim alanları ilerleme kaydetmezken mısır ekili alanlar ile bağ örtüsü altındaki alanlar önemli oranlarda artış göstermiştir.



Şekil 3.8. Gediz Sulama Birliği sulama alanları ve kanallardan görünüm

Çizelge 3.10 Gediz Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve Kapladıkları Alanlar (da)

YILLAR	Pamuk	Bağ	Mısır	Sebze	Bostan	Yem Bitkileri	Zeytinlik	TOPLAM
2009	76	7382	21424	1751	925	-	-	31558
2010	424	5705	27420	710	303	-	39	34601
2011	2522	6295	30173	512	446	199	27	40174

3.3.8. Mesir Sulama Birliği

Ahmetli Sol Sahil Sulama Sisteminde Ahmetli ve Turgutlu Sulama Birlikleri ile birlikte yer alan Mesir Sulama Birliğinin sulama alanı 13 679 hektardır. Ortalama sulanan alan ise yaklaşık olarak 5 700 ha'dır. Bölgede pamuk, bağ, mısır, meyve ve her çeşit sebze yetiştirilmektedir. Çizelge 3.11'de verilen grafikte de görüldüğü gibi birliğe ait alanlarda 2009 ve 2010 yılları arasında toplam sulanan alan miktarı ortalama 55000 dekar düzeyinde iken 2011 yılında ortalama 60000 dekara yükselmiştir. 2009-2011 yılları arasında bağ, mısır ve meyve alanları hakim iken 2011 yıllarda bu ürünlere pamuk, yem bitkileri ve her çeşit sebze eklenmiştir.

Çizelge 3.11. Mesir Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve Kapladıkları Alanlar (da)

YILLAR	Pamuk	Bağ	Mısır	Sebze	Bostan	Yem Bitkileri	Zeytinlik	Meyve	TOPLAM
2009	184	21245	22210	1382	486	-	403	5861	51771
2010	477	17994	32455	1007	306	141	254	6299	58933
2011	6370	18488	28004	1409	340	157	326	6175	61269

3.3.9. Menemen Sağ Sahil Sulama Birliği

İzmir ili Menemen ilçesinde bulunan Menemen Sağ Sahil Sulamasının tamamı Menemen Sağ Sahil Sulama Birliğince yürütölmektedir. 6 365 hektarlık sulama alanına sahip bölgede mısır, pamuk, bağ, meyve, sebze, hububat, bostan, zeytinlik ve yem bitkileri yetiştirilmektedir. Çizelge 3.12'de verilen grafikte de görüldüğü gibi birliğe ait alanlarda 2009-2011 yılları arasında toplam sulanan alan miktarı ortalama 4 425 ha düzeyindedir. Sulanan ürünler dikkate alındığında, 2009 ve 2011 yılları arasında bitki deseninde mısır, pamuk, bağ, sebze ve meyve alanları hakim olmuştur. Pamuk 2010 yılında 11856 dekar ile pik yapmış, 2011 yılında 20013 dekara ulaşmıştır. Bitki deseninde hububat alanları 2009 yılından itibaren azalmaya başlamış ve en düşük değeri olan 99 dekara 2011 yılında ulaşmıştır. (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.12. Menemen Sağ Sahil Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve Kapladıkları Alanlar (da)

YILLAR	Pamuk	Bağ	Mısır	Sebze	Meyve	Bostan	Yem Bitkileri	Zeytinlik	Diğer	TOPLAM
2009	3808	4230	13037	5879	2077	654	1784	1694	1773	34936
2010	11856	4091	19314	6065	1722	623	899	1475	882	46927
2011	20013	4158	15895	5386	1668	603	907	1435	847	50912

3.3.10. Menemen Sol Sahil Sulama Birliği

16 500 hektarlık net sulama alanına sahip bölgede mısır, pamuk, bağ, meyve, sebze, hububat, bostan ve yem bitkileri yetiştirilmektedir. Birliğe ait alanlarda 2009–2011 yılları arasında ortalama sulanan alan miktarı ortalama 13 000 ha düzeyindedir. Sulanan ürünler dikkate alındığında, 2009–2011 yılları arasında bitki deseninde pamuk, bağ, sebze, meyve, bostan ve mısır alanları hakim olmuştur. Pamuk 2009 yılından 2011 yılına gelindiğinde yaklaşık % 76 oranında bir artışla 107106 dekara kadar ilerlemiş, hububat 2009 yılında 7800 dekardan 2011 yılına gelindiğinde 208 dekara düşerek azalmıştır. Mısır, sebze, bostan, meyve ve yem bitkileri alanları ise 2011 yılına gelindiğinde % 50 oranında azalmıştır (Çizelge 3.13).

Çizelge 3.13. Menemen Sol Sahil Sulama Birliği Sulanan Ürünler ve Kapladıkları Alanlar (da)

YILLAR	Pamuk	Bağ	Mısır	Sebze	Hububat	Meyve	Bostan	Yem Bitkileri	Narenciye	Diğer	TOPLAM
2009	60850	7300	25720	7270	7800	7290	4510	1880	2190	3450	128260
2010	93580	8070	23410	7130	5060	7300	2940	1450	2190	4530	155660
2011	107106	5431	14147	3035	208	3073	2297	904	402	1528	138594

4. VZA MODELİ VE UYGULAMA

Bu çalışmada, Aşağı Gediz Havzasında faaliyet gösteren toplam 10 adet sulama birliğinin etkinlikleri girdi odaklı bir VZA modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Sulamada kullanılan su miktarının daha önemli bir girdi olduğu düşüncesiyle VZA modelinde ağırlık sınırlandırması uygulanmıştır. Analizlerde EMS (Efficiency Measurement System) yazılımı kullanılmıştır (Scheel, 2000).

4.1. Kullanılan Veriler

İlk adımda, ilgili sulama birliklerine ait 2009, 2010 ve 2011 yıllarını içeren veriler toplanmıştır. Her sulama birliği için sulamada kullanılan su miktarı DSİ İl. Bölge Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. DSİ Genel Müdürlüğü'nce yayınlanan Mahsul Sayımları (DSİ, 2009; DSİ, 2010; DSİ, 2011) ile çalışma yıllarına ait Devredilen Sulama Tesisleri Değerlendirme ve İzleme Raporları (her sulama birliği için ayrı ayrı olmak üzere) kullanılarak sulama birliklerinin faaliyet alanlarındaki sulanan bitki desenleri, üretim verimleri ve ürünlerin birim fiyatlarına ulaşılmıştır. Sulama birliği bazında 2009, 2010 ve 2011 yıllarına ait toplam sulanan alan (TSA) ve sulama oranları Çizelge 4.1 de, sulamada kullanılan su miktarları (SKS) Çizelge 4.2 de ve toplam üretim değeri (TÜD) Çizelge 4.3 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Sulama Birliklerinin Yıllara Göre Sulama Alanları

Sulama Birlikleri	Net Sulama Alanı (ha)	Sulama Oranı (%)	Toplam Sulanan Alan (TSA, ha)		
			2009	2010	2011
Salihli Sağ	9976	62	4561	7440	6504
Salihli Sol	9210	59	5300	5314	5608
Ahmetli	3276	45	1510	1460	1492
Gökkaya	997	56	625	621	438
Turgutlu	12102	31	3886	3829	3687
Sarıköz	13702	58	7440	8112	8494
Gediz	10962	32	3156	3460	4017
Mesir	13679	42	5177	5893	6127
Menemen Sağ	6365	70	3494	4693	5091
Menemen Sol	16500	85	12826	15566	13859
TOPLAM	96769		47975	56388	55317

Çizelge 4.1 in incelenmesinden Menemen Sağ ve Sol Sahil Sulama Birliklerinin en yüksek sulama oranlarına sahip olduğu anlaşılmaktadır. En düşük sulama oranları ise Turgutlu, Mesir, Gediz ve Ahmetli Sulama Birliklerine aittir. Sulama oranları, yıllık toplam sulanan alanların net sulama alanlarına bölünmesiyle elde edilmiş 3 yıllık ortalama değerlerdir. 2010 ve 2011

yıllarında havza genelinde toplam sulanan alanların yaklaşık 56 000 ha olduğu görülmektedir. 2011 yılı için düşünüldüğünde havzada ortalama sulama oranının % 57 olduğu görülmektedir. Sulama oranlarının düşük olmasının sebepleri, mevcut su tahsisinin yeterli olmaması, şehirleşme ile tarım alanlarının imara açılması gibi sebeplere bağlanmaktadır.

Çizelge 4.2. Sulama Birliklerinin Sulama Kullandıkları Su Miktarları

Sulama Birlikleri	Sulamada Kullanılan Su (SKS, 10 ⁶ m ³)		
	2009	2010	2011
Salihli Sağ	54	73	72
Salihli Sol	51	50	52
Ahmetli	15	15	11
Gökkaya	2	2	1
Turgutlu	34	35	31
Sarıköz	73	73	80
Gediz	31	31	42
Mesir	42	41	52
Menemen Sağ	27	39	38
Menemen Sol	79	100	101
TOPLAM	408	459	480

2011 yılında havza bazında sulamaya verilen su miktarı 480 10⁶ m³ olmuştur. Sulama Birliklerinin ilgili yıllarda şebekeye aldıkları su miktarlarına göre Menemen Sol Sahil sulama birliği en büyük su kullanıcısıdır. Diğer bir ifade ile havzada kullanılan suların % 21 i bu birliğe tahsis edilmektedir. Sulama alanı büyüklüğü göz önüne alındığında bunun normal olduğu söylenebilir. Gökkaya Sulama Birliği ise en az su kullanan sulama birliği olarak görülmektedir. Ancak bu sulama birliğinin sulama alanı oldukça küçüktür.

Çizelge 4.3. Sulama Birliklerinde Toplam Üretim Değeri

Sulama Birlikleri	Toplam Üretim Değeri (TÜD, 10 ⁶ TL)		
	2009	2010	2011
Salihli Sağ	37	60	67
Salihli Sol	54	57	98
Ahmetli	17	21	32
Gökkaya	7	9	10
Turgutlu	49	61	75
Sarıköz	76	82	109
Gediz	24	26	40
Mesir	54	57	81
Menemen Sağ	56	52	55
Menemen Sol	118	125	116
TOPLAM	492	550	683

Toplam üretim değerleri bakımından 2011 yılının havza genelinde en kazançlı yıl olduğu söylenebilir. Bu yılda havzada en büyük getiriye elde eden Menemen Sol Sahil Sulama Birliği olmuştur. Ancak, bu noktada yıllar arasında oluşan fiyat farklarının da analiz edilmesi daha detaylı ve doğru bilgilerin elde edilmesini sağlayacaktır.

4.2. Uygulanan VZA Modeli

Bu çalışmada, girdi odaklı (input oriented) ve ölçeğe göre değişken getiri (variable returns to scale - VRS) yaklaşımını kullanan bir VZA modeli kullanılmıştır.

VRS yaklaşımında girdilerdeki artış çıktılarda orantılı olmayan bir artışa sebep olmaktadır. Bu durum tarımsal üretimi konu alan çalışmalara daha uygundur. Çünkü tarımsal sulamalarda kullanılan su miktarında yapılacak yüzdesel bir artış aynı yüzde oranında bir çıktı artışı getirmemektedir.

Girdi odaklı bir VZA modeli seçilmesindeki amaç ise, girdi olarak ele alınan suyun daha az kullanılmasının hedeflenmesidir. Diğer bir ifade ile, etkin olmayan sulamalarda aynı miktarda toplam üretim değerinin alınabilmesini sağlayacak minimum su ve minimum sulama alanının tespit edilmek istenmesidir.

Ancak su azlığı çeken Gediz Havzası'nda suyun az kullanılması, sulama alanlarının az kullanılmasından daha büyük öneme sahiptir. Bu gerçekçi durumu VZA modelinde değerlendirmek için ağırlık katsayıları kullanılmıştır. Her ne kadar sulanan alanın artırılması da gerek gıda güvenliği gerekse tarımsal istihdamın artırılması için gerekli ise de, bu çalışmada suyun etkin kullanımı hedeflendiğinden sulamada kullanılan su miktarının önem katsayısı (v_1), sulanan alanın önem katsayısından (v_2) büyük olarak belirlenmiştir. Girdilere verilen ağırlıkların alt ve üst sınırları Çizelge 4.4 de gösterilmiştir. Bu girdi ağırlıkları ağırlık sınırlamalı VZA modelinde ilave kısıtlar olarak denklem 4.1 de gösterildiği şekilde ele alınmıştır.

Çizelge 4.4. Girdi ağırlıkları için belirlenen sınır değerler

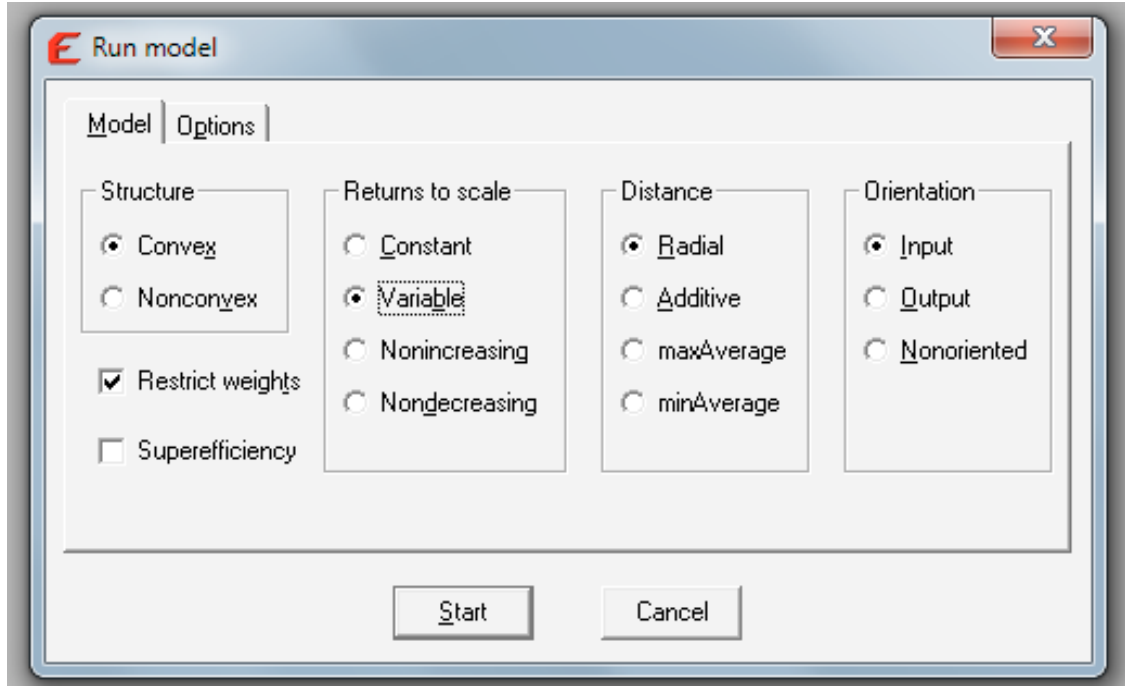
Girdi ağırlıkları	Alt sınır	Üst sınır
v_1	0,70	0,80
v_2	0,20	0,30

$$v_1 \geq \frac{0.70}{0.30} v_2$$

$$v_1 \leq \frac{0.80}{0.20} v_2 \quad (4.1)$$

[illegible]

Çalışma yıllarına göre oluşturulmuş Excel dosyaları EMS programına yüklenmiş ve analiz sonuçlarına ulaşılmıştır. 2009 yılı için elde edilmiş olan VRS yaklaşımlı, girdi odaklı ve ağırlık kısıtlanmalı VZA modelinin (Şekil 4.1) örnek bir EMS sonuç çıktısı Şekil 4.2 de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. EMS programı model tanımlama ekranı

EMS										
File Edit DEA Window Help										
C:\Users\user\Desktop\2009norm.xls_VRS_RAD_IN_WR-2009norm										
	DMU	Score	SKS {I}{V}	TSA {I}{V}	TUD {O}{V}	Benchmarks	{S} SKS {I}	{S} TSA {I}	{S} TUD {O}	
1	SalSag	35.82%	0.82	0.18	1.00	4 (0.38) 9 (0.62)	0.00000	0.00000	0.00000	
2	SalSol	53.76%	0.78	0.22	1.00	4 (0.04) 9 (0.96)	0.00000	0.00000	0.00000	
3	Ahmetli	53.11%	0.79	0.21	1.00	4 (0.80) 9 (0.20)	0.00000	0.00000	0.00000	
4	Gokkaya	100.00%	0.65	0.35	1.00	6				
5	Turgutlu	71.02%	0.77	0.23	1.00	4 (0.15) 9 (0.85)	0.00000	0.00000	0.00000	
6	Sarikiz	65.23%	0.79	0.21	1.00	9 (0.68) 10 (0.32)	0.00000	0.00000	0.00000	
7	Gediz	37.12%	0.79	0.21	1.00	4 (0.66) 9 (0.34)	0.00000	0.00000	0.00000	
8	Mesir	61.95%	0.75	0.25	1.00	4 (0.05) 9 (0.95)	0.00000	0.00000	0.00000	
9	MenSag	100.00%	0.78	0.22	1.00	7				
10	MenSol	100.00%	0.79	0.21	1.00	1				

Şekil 4.2. EMS programı çıktı ekranı

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kurulan VZA modeli sonucunda Aşağı Gediz Havzası'nda bulunan sulama birliklerinin kullandıkları girdiler, elde ettikleri çıktılar, etkinlik değerleri ve aynı çıktıyı elde edebilecekleri hedef girdi değerleri 2009, 2010 ve 2011 yılları için sırasıyla Çizelge 5.1, Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3 de verilmiştir. Çizelgelerde etkin olarak belirlenen sulama birlikleri koyu olarak gösterilmiştir.

2009-2011 yıllarına ait 3 yıllık VZA analizi ile ortaya çıkan çizelgeler incelendiğinde 2009 ve 2010 yıllarında 3 sulama birliğinin etkin olduğu 2011 yılında ise etkin sulama birliği sayısının 6 ya yükseldiği görülmektedir.

Gökkaya ve Menemen Sol Sahil Sulama Birliklerinin her üç çalışma yılda da etkin olduğu, Turgutlu Sulama Birliğinin 2009 yılında 0,710 etkinlik değerine sahipken, 2010 ve 2011 yıllarında bu değeri 1,000 e yükselttiği görülmektedir. Gökkaya ve Menemen Sol Sahil Sulama Birliklerinin sulama alanlarında pamuk ve bağ sulamalarının yoğunluk kazandığı ve bu ürünlerin birim fiyatlarının diğer ürünlere göre daha yüksek olmasının etkinlik değerlerini yükselttiği söylenebilir. Ayrıca Menemen Sol Sahil Sulama Birliği havzadaki birlikler arasında en büyük sulama oranına (% 85) sahip sulama birliğidir.

Salihli Sol Sahil Sulama Birliğinin 2009 yılındaki 0,538 olan etkinlik skorunu, 2010 yılında 0,660'a, 2011 yılında ise 1.000'a çıkardığı görülmektedir. Benzer artışlar Ahmetli ve Sarıkız Sulama Birliklerinde de gözlemlenmiştir. Bu birliklerin bitki deseninde yer alan en büyük ürün olan üzümün birim fiyatında olan artışın etkinliklerinin artmasına sebep olduğu söylenebilir.

Menemen Sağ Sahil Sulama Birliğinde ise 2009 yılında % 100'lük etkinlik skorunun 2010 yılında önce % 73,8'e, 2011 yılında ise % 56,3 e düştüğü belirlenmiştir. 2009 ile 2011 yılları arasında sulanan alanın artmasına rağmen toplam ürün değerinde artış gözlenmemesi bu sulama birliğinin etkinlik değerlerinin düşmesinde etkili olduğu söylenebilir.

Çizelge 5.1. 2009 yılı etkinlik değerlendirmesi

2009 Yılı	Sulama Birliği	SKS (10 ⁶ m ³)	TSA (10 ⁶ m ²)	TÜD (10 ⁶ TL)	Etkinlik Değeri	Hedef Değerler		
						SKS	TSA	TÜD
1	SalSağ	54,00	45,61	37,20	0,358	19,34	16,34	37,20
2	SalSol	51,00	53,00	54,20	0,538	27,42	28,49	54,20
3	Ahmetli	15,00	15,10	16,74	0,531	7,97	8,02	16,74
4	Gökkaya	1,80	6,25	6,74	1,000	1,80	6,25	6,74
5	Turgutlu	34,00	38,86	48,91	0,710	24,15	27,60	48,91
6	Sarıköz	73,00	74,40	75,72	0,652	47,62	48,53	75,72
7	Gediz	31,00	31,56	23,54	0,371	11,51	11,71	23,54
8	Mesir	42,00	51,77	53,51	0,620	26,02	32,07	53,51
9	MenSağ	27,00	34,94	56,13	1,000	27,00	34,94	56,13
10	MenSol	79,00	128,26	118,14	1,000	79,00	128,26	118,14

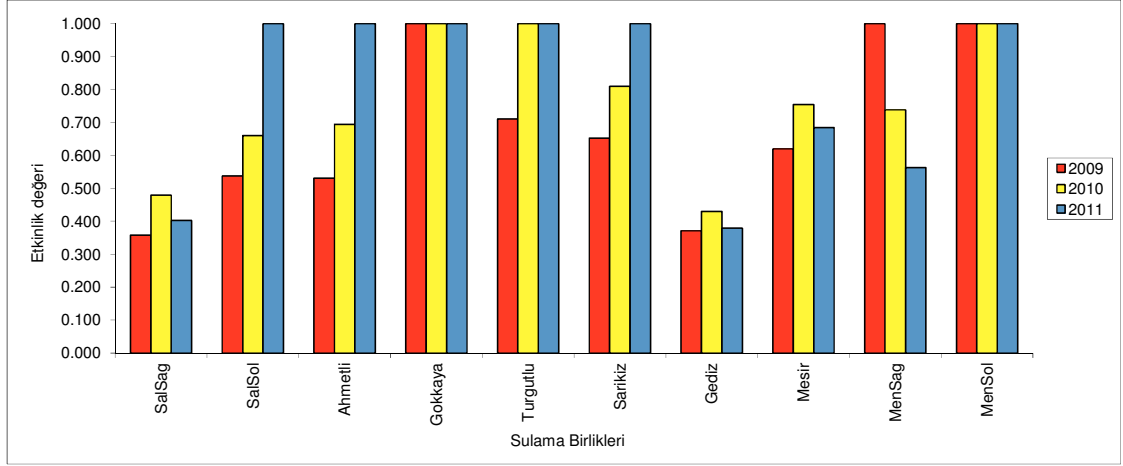
Çizelge 5.2. 2010 yılı etkinlik değerlendirmesi

2010 Yılı	Sulama Birliği	SKS (10 ⁶ m ³)	TSA (10 ⁶ m ²)	TÜD (10 ⁶ TL)	Etkinlik Değeri	Hedef Değerler		
						SKS	TSA	TÜD
1	SalSağ	73,40	74,40	60,19	0,479	35,17	35,65	60,19
2	SalSol	50,00	53,14	57,31	0,660	33,00	35,07	57,31
3	Ahmetli	15,00	14,60	21,09	0,694	10,41	10,14	21,09
4	Gökkaya	1,80	6,21	9,16	1,000	1,80	6,21	9,16
5	Turgutlu	35,00	38,29	60,86	1,000	35,00	38,29	60,86
6	Sarıköz	73,00	81,12	81,66	0,810	59,12	65,70	81,66
7	Gediz	31,00	34,60	26,27	0,430	13,32	14,87	26,27
8	Mesir	41,00	58,93	56,71	0,754	30,93	44,46	56,71
9	MenSağ	39,00	46,93	51,70	0,738	28,79	34,64	51,70
10	MenSol	100,00	155,66	124,77	1,000	100,00	155,66	124,77

Çizelge 5.3. 2011 yılı etkinlik değerlendirmesi

2011 Yılı	Sulama Birliği	SKS (10 ⁶ m ³)	TSA (10 ⁶ m ²)	TÜD (10 ⁶ TL)	Etkinlik Değeri	Hedef Değerler		
						SKS	TSA	TÜD
1	SalSağ	72,10	65,04	66,83	0,403	29,03	26,18	66,83
2	SalSol	51,80	56,08	97,76	1,000	51,80	56,08	97,76
3	Ahmetli	11,00	14,92	31,71	1,000	11,00	14,92	31,71
4	Gökkaya	1,10	4,38	9,52	1,000	1,10	4,38	9,52
5	Turgutlu	31,00	36,87	75,48	1,000	31,00	36,87	75,48
6	Sarıköz	79,80	84,94	109,49	1,000	79,80	84,94	109,49
7	Gediz	42,40	40,17	40,15	0,379	16,08	15,23	40,15
8	Mesir	52,10	61,27	80,60	0,685	35,66	41,94	80,60
9	MenSağ	38,00	50,91	55,23	0,563	21,39	28,66	55,23
10	MenSol	100,80	138,59	115,96	1,000	100,80	138,59	115,96

Her 3 çalışma yılında da etkin olmayan sulama birlikleri olarak Salihli Sağ Sahil Sulama Birliği, Gediz Sulama Birliği ve Mesir Sulama Birliği sayılabilir. Salihli Sağ Sahil Sulama Birliği ile Gediz Sulama Birliği analiz edildiğinde her üç yılda da etkinlik skorunun % 50'den aşağı olduğu, Mesir Sulama Birliğinde ise en yüksek skorun %75,4 ile 2010 yılında olduğu görülmektedir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Sulama Birliklerinin 3 yıllık etkinlik değerleri

VZA modeli, sulama birliklerinden etkinlik değeri en düşük olan Gediz Sulama Birliği için 2009 yılı esas alındığında sulamada kullanılan su miktarının $31,56 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ den $11,51 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ e indirmesini önermektedir (Çizelge 5.1). Bu da $20,05 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ daha az su kullanılması anlamına gelmektedir. Diğer bir ifade ile %63,5 lik bir su tasarrufu sağlanarak ve sulama alanlarını da $11,71 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ ye düşürerek yine aynı toplam üretim değerine ulaşılabileceği belirlenmiştir. Etkin olmayan diğer sulama birlikleri için hedef girdi değerleri benzer yaklaşımla bulunabilir.

VZA etkin olan sulamaları belirlemekte kullanılan bir yöntemdir. Ancak herhangi bir sıralama yapmamaktadır. Karar vericilere bir performans analizi sunması amacıyla sulama birlikleri 2011 yılı verileri kullanılarak *birim su ile elde edilen gelir* (p_1), *birim alandan elde edilen gelir* (p_2) ve *birim su ile sulanan alan* (p_3) performans ölçütleri ile de değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 5.4 de verilmiştir. Bu sonuçlara göre de Gökaya Sulama Birliğinin en performanslı sulama birliği olduğu ve Gediz Sulama Birliğinin Salihli Sağ Sahil Sulama Birliği ile birlikte performansı en düşük sulama birlikleri olduğu söylenebilir. Bu iki sulama birliğinin bitki desenleri incelendiğinde, 2011 yılı için mısır üretiminin sırasıyla % 75 ve % 50 düzeyinde olduğu görülmektedir. Bu bitkinin su ihtiyacının yüksek ancak birim fiyatının da aksine düşük olmasının sulama birliklerinin etkinlik değerlerini olumsuz yönde etkilediği düşünülebilir.

Çizelge 5.4. 2011 yılı performans değerlendirmesi

2011 Yılı	Sulama Birliği	VZA Etkinlik Değeri	p_1 (TL/m ³)	p_2 (TL/m ²)	p_3 (m ² /m ³)	Sıralama ölçütü		
						p_1	p_2	p_3
1	SalSağ	0,403	0.93*	1.03	0.90*	10	8	10
2	SalSol	1,000	1.89	1.74	1.08	4	4	7
3	Ahmetli	1,000	2.88	2.13	1.36	2	2	3
4	Gökkaya	1,000	8.65**	2.18**	3.98**	1	1	1
5	Turgutlu	1,000	2.43	2.05	1.19	3	3	5
6	Sarıköz	1,000	1.37	1.29	1.06	7	6	8
7	Gediz	0,379	0.95	1.00	0.95	9	9	9
8	Mesir	0,685	1.55	1.32	1.18	5	5	6
9	MenSağ	0,563	1.45	1.08	1.34	6	7	4
10	MenSol	1,000	1.15	0.84*	1.37	8	10	2

* Minimum değer, ** Maksimum değer

Veri zarflama analizi ile belirlenen etkinlik değerleri düşük olan sulama birliklerinin performans ölçütlerinin de düşük olduğu görülmektedir. Ancak, VZA sonuçlarına göre etkin çıkan sulamalardan biri olan Menemen Sol Sahil Sulama Birliğinin ise p_1 ve p_2 performansları oldukça düşüktür. Diğer bir ifade ile, bu sulama birliğinde 1 m³ su ile elde edilen üretim kazancı ile 1 m² den elde edilen üretim kazancı arttırılmalıdır. Sulama etkinliği ile başarılı olan bu sulama birliğinde verim ve birim fiyat olarak daha yüksek seviyede bulunan bitkilerin yetiştirilmesi gerekmektedir.

Çalışma sonuçlarına göre, Gediz Sulama Birliği ve Salihli Sağ Sahil Sulama Birlikleri dışındaki birliklerin etkinliklerinin iyi olduğu söylenebilir. Burada temel faktör, ticari değeri yüksek olan üzüm ve pamuğun havzadaki bitki deseni içerisinde oldukça büyük bir paya sahip olmasıdır. Gediz Sulama Birliği ve Salihli Sağ Sahil Sulama Birliğinde sulama suyu tasarrufu sağlayacak önlemlerin öncelikli olarak dikkate alınması gerekmektedir. Alınacak önlemler arasında bitki deseninde değişiklik yapılması da değerlendirilebilir.

Gediz Havza'sında su kaynakları hâlihazırda tarımsal sulama için yeterli miktarda değildir. Özellikle kuraklığın hâkim olduğu yıllarda suya olan talep ve su arzı arasında büyük açıklar oluşmaktadır. Öte yandan, havzada yaygın olarak kullanılan yüzey sulama yöntemlerinin yerine modern sulama yöntemlerine geçişi sağlayan teşvikler arttırılmalıdır. Sulama oranını artırıcı ve su kaynaklarının etkin kullanımını teşvik edici çalışmalar, sistem performansının zamanla artmasını, havzadaki sosyo-ekonomik yapının daha güçlü bir duruma gelmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Akgül, S. (2009). Gediz Havzasında Su Bütçesi Elemanlarındaki Değişimin Tarımsal Su Kullanımına Etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akkuzu, E. ve Mengü, G.P. (2012). Aşağı Gediz Havzası Sulama Birliklerinde Karşılaştırmalı Performans Göstergeleri ile Sulama Sistem Performansının Değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 49 (2), 149-158.
- Allen, R., Athanassopoulos, A., Dyson, R.G. ve Thanassoulis, E. (1997). Weight restrictions and value judgements in data envelopment analysis: Evolution, development and future directions. Annals of Operations Research, 73, 13-34.
- Banker, R.D., Charnes, A. ve Cooper, W.W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. Management Science, 30 (9), 1078–1092.
- Birleşmiş Milletler (BM). (2013). Birleşmiş Milletler 2003 Uluslararası Tatlı Sular Yılı Broşürü. <http://www.un.org/events/water/brochure.htm> Erişim tarihi: 01.03.2013
- Charnes, A., Cooper, W.W. ve Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. European Journal of Operational Research, 2, 429–444.
- Charnes, A., Cooper, W.W., Huang, Z.M. ve Sun, D.B. (1990). Polyhedral cone-ratio DEA models with an illustrative application to large commercial banks. Journal of Econometrics, 30, 91-107.
- Coelli, T.J. (1996). A guide to DEAP version 2.1: A data envelopment analysis (computer) program. CEPA working paper, 96/8.
- Çetinkaya, C.P. ve Barbaros, F. (2008). Su Yönetimi Senaryoları ile Gediz Nehri Yıllık Su Bütçesi Performansının Değerlendirilmesi. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Ankara.
- Devlet Planlama Teşkilatı (DPT). (2007). Dokuzuncu Kalkınma Planı 2007-2013, Toprak ve Su Kaynaklarının Kullanımı ve Yönetimi Özel İhtisas Komisyon Raporu, Ankara.
- Devlet Su İşleri (DSİ). (2005). Gediz Havzası Çevre Master Planı. DSİ II. Bölge Müdürlüğü, İzmir.
- Diaz, J.A.R., Poyato, E.C. ve Luque, R.L. (2004). Application of data envelopment analysis to studies of irrigation efficiency in Andalusia. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, American Society of Civil Engineers, 130(3), 175–183.

- Droogers, P., Bastiaanssen, W.G.M., Beyazgül, M., Kayam, Y., Kite, G.W. ve Murray-Rust, H. (1999). Gediz Havzasında Sulama Sistemlerinin Agro-Hidrolojik Analizi. İzmir Su Kongresi, İzmir.
- DSİ 2000. Sulama Birlikleri Bülteni. DSİ II. Bölge Md., İzmir.
- DSİ. (2009). DSİ'ce inşa edilerek işletmeye açılan sulama ve kurutma tesisleri 2009 yılı mahsul sayımı sonuçları, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ. (2010). DSİ'ce inşa edilerek işletmeye açılan sulama ve kurutma tesisleri 2010 yılı mahsul sayımı sonuçları, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ. (2011). DSİ'ce inşa edilerek işletmeye açılan sulama ve kurutma tesisleri 2011 yılı mahsul sayımı sonuçları, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dyson, R.G. ve Thanassoulis, E. (1988). Reducing weight flexibility in data envelopment analysis. *Journal of Operational Research Society*, 39(6), 563-576.
- Dyson, R.G., Allen, R., Camanho, A.S., Podinovski, V.V., Sarrico, C.S. ve Shale, E.A. (2001). Pitfalls and Protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 132, 245-259.
- Kıymaz, S. (2006). Gediz Havzası Örneğinde Sulama Birliklerinin Sorunları ve Çözüm Yolları. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Lins, M.P.E., Moreira da Silva, A.C. ve Lowell, C.A.K. (2007). Avoiding infeasibility in DEA models with weight restrictions. *European Journal of Operational Research*, 181, 956-966.
- SAITECH (2003). Introduction to DEA-Solver-Pro Professional Version 4.0. SAITECH Inc., Hazlet, New Jersey.
- Sarkis, J. (2000). A comparative analysis of DEA as a discrete alternative multiple criteria decision tool. *European Journal of Operational Research*, 123, 543-557.
- Scheel, H. (2000). EMS: Efficiency Measurement System Users Manual, Version 1.3. Universität Dortmund, Dortmund, Germany.
- Silay, A. ve Gündüz, O. (2007). Demirköprü Baraj Gölü Su Bütçesi ve Sulama Performans Değerlendirmesi. 5. Ulusal Hidroloji Kongresi, Ankara.
- Srdjevic, B., Medeiros, Y.D.P. ve Porto, R.L.L. (2005). Data envelopment analysis of reservoir system performance. *Computer & Operations Research*, 32, 3209-3226.
- Thanassoulis, E. (2000). DEA and its use in the regulation of water companies. *European Journal of Operational Research*, 127(1), 1-13.

- Thanassoulis, E. ve Allen, R. (1998). Simulating weight restrictions in data envelopment analysis by means of unobserved DMUs. *Management Science*, 44 (4), 586-594.
- Thompson, R.G., Langemeier, L.N., Lee, C.T. ve Thrall, R.M. (1990). The role of multiplier bounds in efficiency analysis with application to Kansas farming. *Journal of Econometrics*, 46 (1/2), 93-108.
- Wong, Y.-H.B. ve Beasley, J.E. (1990). Restricting weight flexibility in data envelopment analysis. *Journal of Operational Research Society*, 41 (9), 829-835.
- Yılmaz, B. (2009). Gediz Havzası Su Kaynakları Yönetiminde Çok Kriterli Karar Analizi (İngilizce). Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yılmaz, B., Yurdusev, M.A. ve Harmancıoğlu, N.B. (2009). The assessment of irrigation efficiency in Büyük Menderes Basin. *Water Resources Management*, 23, 1081-1095.
- Yılmaz, O., Erdem, Ü., Selim, S., Şengür, Ş., ve Tomar, A. (2008). Gediz Havzası Örneğinde Alan Kullanım Kararlarının Deltaya Olan Etkileri Üzerine Bir Araştırma. *Havza Kirliliği Konferansı*, İzmir.