T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BÜTÜNLEŞİK HAVZA YÖNETİMİ KARAR VERME MEKANİZMASINA OYUN TEORİSİNİN POTANSİYEL KATKISININ BELİRLENMESİ

NADİRE ÜÇLER
DOKTORA TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2015

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BÜTÜNLEŞİK HAVZA YÖNETİMİ KARAR VERME MEKANİZMASINA OYUN TEORİSİNİN POTANSİYEL KATKISININ BELİRLENMESİ

NADİRE ÜÇLER
DOKTORA TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. SALİM ÖNCEL
II. DANIŞMANI
PROF. DR. GÜLEDA ENGİN

GEBZE
2015

T.R.

GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DETERMINATION OF POTENTIAL CONTRIBUTION OF GAME THEORY TO DECISION-MAKING OF INTEGRATED WATERSHED MANAGEMENT

NADİRE ÜÇLER

A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR

ASSOC. PROF. DR. SALİM ÖNCEL

II. THESIS SUPERVISOR

PROF. DR. GÜLEDA ENGİN

GEBZE

2015

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	DOKTORA JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 04/03/2015 tarih ve 2015/21 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 13/03/2015 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Nadire Üçler' in tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE (TEZ DANIŞMANI)	: Doç Dr. Salim ÖNCEL
ÜYE (II. TEZ DANIŞMANI)	: Prof. Dr. Güleda ENGİN
ÜYE	: Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ
ÜYE	: Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU
ÜYE	: Prof. Dr. Ayşegül TANIK

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Bu çalışmada, Oyun Teorisi ve Bulanık Mantık yaklaşımı Namazgah Baraj havzasındaki çevresel ve ekonomik etkinin dengelenmesi amacıyla kullanılmıştır. Arazi kullanımından kaynaklanan ekonomik getiriyi maksimum yapmak ve rezervuarın su kalitesini korumak hedefleri belirlenerek, arazi kaynakları bu hedefleri gerçekleştirecek şekilde tahsis edilmiştir. Toplam fosfor (TP) (kg/ha.yıl) çevresel değer, arazi kullanımından kaynaklanan ekonomik gelir (EG) (TL/ha.yıl) ise ekonomik değer olarak belirlenmiştir. Yerinde yapılan incelemeler, bölgenin halihazır haritası ile hava fotoğrafları üzerinde yapılan çalışmalar ve bölge sakinleri ile yapılan görüşmeler sonucu havzadaki arazi kullanımının tipleri belirlenmiştir. Hem tarım alanlarındaki mevcut gübre kullanımı, hem de ürünlerin ihtiyaç duyacağı gübre kullanımına göre hesap yapılmıştır. Her iki durum için de Organize Sanayi Bölgesinin (OSB) sistemde olduğu ve olmadığı 2 farklı senaryo oluşturulmuştur. Mevcut durumda kullanılan gübre miktarına göre yapılan hesapta elde edilen minimum TP değeri barajın asimilasyon kapasitesine çok yakın olduğu için bu durumun rezervuar için tehlike oluşturduğu ve bu nedenle bilinçsiz gübre kullanımının önlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Buna ek olarak, yüksek EG ve düşük TP yüküne bağlı olarak buğday ve mısır yetiştiriciliği yerine fındık, meyve ve sebze yetiştiriciliğinin daha uygun olduğu bulunmuştur. OSB alanı yüksek EG değeri ve düşük TP değeri sebebiyle oyuncular tarafından tercih edilmiş ve havzada yer almıştır. Bir diğer ekonomik getiri kaynağı olan hayvancılık faaliyetlerinin, özellikle OSB'nin sistemde olmadığı senaryoda kısıtların müsaade ettiği en yüksek değere kadar arttırıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca ağaçlık alan miktarının bir miktar arttırılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bulanık Mantık yaklaşımında elde edilen sonuçların Oyun Teorisi ile elde edilen sonuçlara çok yakın olduğu görülmüştür. Bu çalışmada elde edilen sonuçların olası havza sorunlarını tespit etmek için karar vericilere yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Oyun Teorisi, Bulanık Mantık, Havza Yönetimi, İki Amaçlı Optimizasyon, Yayılı Yük.

SUMMARY

In this study, Game Theory and Fuzzy Programming approaches were used to balance economic and environmental impacts in the Namazgah reservoir, Turkey. The main goals were identified as to maximize economic benefits of land use and to protect water quality of reservoir and land resources. Total phosphorous load TP (kg/ha.yr) and economic income IC (USD/ ha.yr) from land use were determined as environmental value and economic value, respectively. After carrying out site surveys in the region, studying land use maps and aerial photographs, and interviewing local residents, the land use types were determined in the watershed. The applications were made according to both current fertilizer use in agricultural areas, and the amount of fertilizer crops needed. Two different scenarios were created for both cases. For the first case, the organized industrial zone is included in the system, whereas, for the second case, the organized industrial zone is excluded. Since, the minimum TP value obtained was very close to the assimilative capacity of reservoir, it was concluded that the amount of fertilizer used in the current situation presents a danger to the reservoir and, therefore, unconscious fertilizer use should be prevented. Additionally, nuts, fruit and vegetable cultivation, instead of wheat and corn cultivation, was found to be more suitable due to their high IC and low TP load. Organized industrial zone due to the low TP and high EG load was preferred by players and was located in the basin. It was determined that the livestock activities which are another source of economic income, especially in scenarios where the organized industrial zone was in the system, increased up to the maximum value allowed by the constraints. It was also concluded that there is a need to increase the woodland areas. The results of Fuzzy Programming approach were found to be very close to the results of the Game Theory Model. It is believed that the results obtained in this study will help decision makers to identify possible problems of the watershed studied in this thesis.

Key Words: Game Theory, Fuzzy Programming, Watershed Management, Bi-Objective Optimization, Non-point Load.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında büyük emeği olan, hiçbir zaman desteğini esirgemeyen danışmanlarım, değerli hocalarım Sayın Doç Dr. Salim ÖNCEL'e ve Sayın Prof. Dr. Güleda ENGİN'e,

Çalışmanın gelişmesinde büyük katkıları olan saygıdeğer Tez İzleme Komitesi üyeleri; Sayın Prof. Dr. Ayşegül Tanık ve Sayın Doç Dr. Nihal BEKTAŞ'a,

Tez çalışmama matematikçi bakış açısıyla yön veren, büyük katkı sağlayan değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Hale KÖÇKEN'e,

Çalışmamın Veterinerlik Anabilim Dalının sınırları içine giren kısmında bana yol gösteren, bilgi birikimini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Aytekin GÜNLÜ'ye,

Her ihtiyaç duyduğumda yardımıma koşan, değerli arkadaşım Dr. Meltem ÇELEN'e ve desteklerini esirgemeyen iş arkadaşlarıma;

Çocuklarının eğitimi için her türlü fedakârlığı yapan anneme ve babama; yarım bıraktığım doktora eğitimimi bitirme konusunda beni yüreklendiren eşime ve kızlarım Ahsen ve Asya'ya,

Teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLOLAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. HAVZA YÖNETİMİ	3
2.1. Havza	3
2.2. Havza Yönetimi	5
2.3. Havza Yönetiminde Karşılaşılan Problemler	6
2.4. Havza Yönetimi ve Modelleme	8
2.4.1. Havza Modellemesi Metotları: Simülasyon ve Optimizasyon	9
2.4.2. Havza Modellemesi Yaklaşımları	10
2.4.2.1. Süreç Modelleri ve Uygulama Örnekleri	10
2.4.2.2. Hidro-ekonomik Havza Modelleri ve Uygulama Örnekleri	10
2.4.2.3. Çok Amaçlı Karar Verme Modelleri ve Uygulama Örnekleri	11
2.4.2.4. Çatışma Çözücü Modeller ve Uygulama Örnekleri	12
3. METOT: OYUN TEORİSİ VE BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI	13
3.1. Çok Amaçlı Model	13
3.2. Oyun Teorisi Yaklaşımı	14
3.2.1. Oyun Teorisi	14
3.2.2. Oyunların Sınıflandırılması	15
3.2.3. Oyun Teorisinin Uygulama Alanları	17
3.3. Bulanık Mantık Yaklaşımı	19
3.3.1. Bulanık Mantık	19
3.3.2. Temel Kavramlar	20
3.3.2.1. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonu	20

3.3.2.2. Bulanık Kümelerde Temel Küme Teorisi İşlemleri 21
3.3.2.3. Bulanık Karar Verme 22
3.3.3. Bulanık Mantık Uygulama Alanları 23
3.3.4. Çok Amaçlı Karar Verme Problemlerine Bulanık Mantık Uygulaması 24
4. NAMAZGAH BARAJ HAVZASI UYGULAMA ÖRNEĞİ 28
4.1. Havza Özellikleri 28
4.1.1. Havzanın Konumu ve Nüfus 28
4.1.2. Arazi Kullanım Sınıfları 30
4.1.3.Başlıca Geçim Kaynakları: Tarım ve Hayvancılık 32
4.1.4. Namazgah Baraj Projesi 34
4.1.5. Namazgah Deresi Su Kalite Sınıfı 35
4.2. Havzanın Matematiksel Açıdan Tanımlanması 36
4.2.1. Oyuncuların Belirlenmesi 36
4.2.2. Karar Değişkenlerinin Belirlenmesi 37
4.2.3. Toplam Fosfor Katsayılarının Belirlenmesi 40
4.2.3.1. Kırsal Yerleşim ve Orman Alanlarının Toplam Fosfor Katsayısı 40
4.2.3.2. Tarım Alanları Toplam Fosfor Katsayısı 41
4.2.3.3. GİOSB ve Göl Alanı Toplam Fosfor Katsayısı 44
4.2.4. Ekonomik Getiri Değerlerinin Belirlenmesi 45
4.2.4.1. Kırsal Yerleşim Alanı Ekonomik Getirisi 45
4.2.4.2. Orman Alanı ve Ağaçlık Alan Ekonomik Getirisi 48
4.2.4.3. Tarım Alanları Ekonomik Getirisi 49
4.2.4.4. Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Ekonomik Getirisi 49
4.2.4.5. Baraj Alanı Ekonomik Getirisi 50
4.2.5. Kısıtların Belirlenmesi 51
4.2.5.1. Arazi Eğiminin Belirlenmesi 51
4.2.5.2. Mevcut Durum ve İmar Planına Göre Belirlenen Kısıtlar 51
4.2.5.3. Barajın Asimilasyon Kapasitesinin Belirlenmesi 53
4.2.5.4. Hedef ve Kısıt Denklemleri 54
4.3. Havza Yönetimi Problemine Oyun Teorisi Uygulaması 56
4.3.1. Oyuncuların Amacı 56
4.3.2. Oyuncuların Stratejisi 58

4.3.3. Pazarlık Süreci 59
4.4. Havza Yönetimine Bulanık Mantık Uygulaması 60
4.4.1. Çevresel Etki Üyelik Fonksiyonu 60
4.4.2. Ekonomik Etki Üyelik Fonksiyonu 60
4.4.3. Bulanık Programlama Yaklaşımı 60
5. SONUÇLAR 62
5.1. Mevcut Gübre Kullanımına Göre Sonuçlar 62
5.1.1. Birinci Senaryo 62
5.1.1.1. Oyun Teorisi Sonuçları 64
5.1.1.2. Bulanık Mantık Yaklaşımı Sonuçları 66
5.1.2. İkinci Senaryo 66
5.1.2.1. Oyun Teorisi Sonuçları 68
5.1.2.2. Bulanık Mantık Yaklaşımı Sonuçları 70
5.2. İhtiyaç Duyulan Gübre Miktarına Göre Sonuçlar 70
5.2.1. Birinci Senaryo 70
5.2.1.1. Oyun Teorisi Sonuçları 72
5.2.1.2. Bulanık Mantık Yaklaşımı Sonuçları 74
5.2.2. İkinci Senaryo 74
5.2.2.1. Oyun Teorisi Sonuçları 76
5.2.2.2. Bulanık Mantık Yaklaşımı Sonuçları 78
6. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER 79

KAYNAKLAR 84
ÖZGEÇMİŞ 91
EKLER 92

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Kısaltmalar		**Açıklamalar**
pH	:	-log10[H+]
P	:	Fosfor
N	:	Azot
TP	:	Toplam Fosfor
EG	:	Ekonomik Getiri
λ	:	Yardımcı Değişken
μ	:	Üyelik Fonksiyonu
Tw	:	Hidrolik Bekleme Süresi (yıl)
z	:	Ortalama Derinlik (m)
qs	:	Hidrolik Yük (m/yıl)
$[P]\lambda,c$	:	Kritik Fosfor Konsantrasyonu (mg/m³)
Lc	:	Kritik Yük (mg fosfor/m². yıl)
X1,X2,…,X10	:	Karar Değişkenleri
$g_j(x$	:	j. Kısıt Fonksiyonu
E(x)	:	Gaye Fonksiyonu
da	:	Dekar
ha	:	Hektar
TL	:	Türk Lirası
Lt:	:	Litre
P_2O_5	:	Fosfor Penta Oksit
CBS	:	Coğrafik Bilgi Sistemi
ÇED	:	Çevre Etki Değerlendirme Raporu
GİOSB	:	Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi
İSU	:	Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
NTU	:	Nephelometrik Bulanıklık Birimi
OSB	:	Organize Sanayi Bölgesi
SÇD	:	Su Çerçeve Direktifi
Tüfe	:	Tüketici Fiyat Endeksi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No:		Sayfa
2.1:	Havza ve bileşenleri.	3
2.3:	Su ayrım çizgisi.	4
2.4:	Türkiye havza dağılım haritası.	5
2.5:	Noktasal ve yayılı kaynaklar.	7
2.6:	Bütünleşik havza modellemesinin zamanla değişimi.	9
3.1:	Oyunların sınıflandırılması.	16
3.2:	İki bulanık kümenin kesişimi.	22
3.3:	İki bulanık kümenin birleşimi.	22
3.4:	Monoton artan *Ej* üyelik fonksiyonu.	25
3.5:	Monoton azalan *Ej* lineer üyelik fonksiyonu.	26
4.1:	a) Marmara Havzası içindeki konumu, b)Kandıra İlçesi içindeki konumu.	28
4.2:	Havza sınırları ve baraj gölü.	29
4.3:	Havzadan görünüş.	29
4.4:	Kocaeli ili arazi kullanım kabiliyet sınıfları.	31
4.5:	Kabiliyet sınıfı oranları.	31
4.6:	Havzada hayvancılık.	34
4.7:	Mevcut arazi kullanım durumunun belirlenmesi.	37
4.8:	Baraj gölü.	38
4.9:	Havzadan orman görüntüsü.	38
4.10:	GİOSB alanı planı.	39
4.11:	Mevcut arazi kullanım durumu.	39
4.12:	Mevcut arazi kullanım durumu yüzde dağılımı.	40
4.13:	Eğim haritası.	52
5.1:	Birinci senaryo uygulamasında elde edilen oyun teorisi sonuçları.	65
5.2:	İkinci senaryo uygulamasında elde edilen oyun teorisi sonuçları.	69
5.4:	Birinci senaryo uygulamasında elde edilen oyun teorisi sonuçları.	73
5.5:	İkinci senaryo uygulamasında elde edilen oyun teorisi sonuçları.	77

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No:		Sayfa
4.1:	Arazi kabiliyet sınıflarının ilçelere göre dağılımı.	32
4.2:	Kocaeli İli arazisinin kullanım durumlarına göre dağılımı.	33
4.3:	Namazgah Barajı proje karakteristikleri.	35
4.4:	Alıcı su ortamına farklı kaynaklardan gelebilecek N ve P yükleri.	41
4.5:	Hayvancılıktan kaynaklanan yayılı yük hesabı.	42
4.6:	Kandıra İlçesi verilerine göre yayılı yük hesabı.	43
4.7:	Ürünlerin gübre ihtiyaçları.	43
4.8:	Süt sığırcılığı işletmelerinin ölçekler itibariyle bölgelere dağılımı.	46
4.9:	Bir litre sütün maliyeti.	46
4.10:	Havzadaki büyükbaş hayvan tür ve sayıları.	47
4.11:	Büyükbaş hayvan ekonomik getiri hesabı.	47
4.12:	Küçükbaş hayvancılık anket örneği.	48
4.13:	Tavuk çiftlikleri ekonomik getiri hesabı.	48
4.14:	Tarım ürünleri ekonomik getiri hesabı.	49
4.15:	GİOSB ekonomik getiri hesabı.	50
4.16:	Yıllık gelir değerinin yıllık gider değerine oranı.	50
4.17:	Su kütlesi ekonomik getirisi.	51
4.18:	Baraj asimilasyon kapasitesi hesabı.	54
5.1:	Toplam fosfor ve ekonomik getiri katsayıları.	62
5.2:	Toplam fosfor maksimum ve minimum değerleri.	63
5.3:	Ekonomik getiri maksimum ve minimum değerleri.	63
5.4:	Birinci senaryo oyun teorisi sonuçları.	65
5.5:	Birinci senaryo bulanık mantık sonuçları.	66
5.6:	Toplam fosfor ve ekonomik getiri katsayıları.	66
5.7:	Toplam fosfor maksimum ve minimum değerleri.	67
5.8:	Ekonomik getiri maksimum ve minimum değerleri.	67
5.9:	İkinci senaryo uygulamasında elde edilen oyun teorisi sonuçları.	68
5.10:	İkinci senaryo uygulamasında elde edilen bulanık mantık sonuçları.	70
5.16:	Toplam fosfor ve ekonomik getiri katsayıları.	70
5.17:	Toplam fosfor maksimum ve minimum değerleri.	71

5.18: Ekonomik getiri maksimum ve minimum değerleri. 72
5.19: Birinci senaryo uygulamasında elde edilen oyun teorisi sonuçları. 73
5.20: Birinci senaryo uygulamasında elde edilen bulanık mantık sonuçları. 74
5.21: Toplam fosfor ve ekonomik getiri katsayıları. 74
5.22: Toplam fosfor maksimum ve minimum değerleri. 75
5.23: Ekonomik getiri maksimum ve minimum değerleri. 75
5.24: İkinci senaryo uygulamasında elde edilen oyun teorisi sonuçları. 77
5.25: İkinci senaryo uygulamasında elde edilen bulanık mantık sonuçları. 78

1. GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler, su kaynaklarından azami fayda sağlanmasının önünü açmakla birlikte, özellikle 1980'li yıllarda, bu gelişmelere paralel ilerleyen sanayileşmenin ve şehirleşmenin de etkisiyle çevre kirliliği sorunlarının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu sorunlardan en fazla etkilenen doğal kaynaklar da su kaynakları olmuştur. Özellikle evsel atıksu ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan organik madde ve besin (azot, fosfor) tuzlarındaki artış, iç sularda doğal özelliklerin bozulması ve yoğun plankton üretimine yol açan problemlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Suyun kalitesinin bozulması, kullanılabilir su kaynaklarını daha da sınırlı hale getirmeye başlamıştır. Su kaynaklarının gelecek nesillere yeteri miktarda, temiz ve sağlıklı şekilde aktarılması için gelecekteki ihtiyaçların da dikkate alınması ve korunarak kullanılması gerekmektedir.

Su kaynakları yönetimi açısından günümüzde benimsenen yaklaşım, kaynak yönetiminin havza bazında ve diğer doğal kaynaklarla bütünleşik biçimde gerçekleştirilmesidir. Sürdürülebilir kalkınmanın temeli, enerji, tarım, sağlık ve çevre gibi kalkınmanın lokomotif sektörleri için en etkin güç olan su kaynaklarının, çevreyle uyumlu ve bütünleşik yönetiminin sağlanmasıdır. Bu sebeple su kaynakları yönetiminde tüm gelişmelere ve kullanımlara kontrollü bir şekilde yön verilebilmesi için havza bazında yönetim planları yapılmalıdır.

Bu çalışma, kişiler, şirketler, ülkeler gibi oyuncuların hedeflerin çatıştığı durumlarda bu oyuncuların hedeflerine ulaşmaları için izlemeleri gereken en uygun stratejinin belirlenmesine dayanan ve politika, askeri stratejiler, sosyoloji, tarım, hukuk, su kaynakları yönetimi, sınır aşan suların paylaşımı, arazi planlaması gibi çatışan hedeflerin söz konusu olduğu pek çok farklı alanda en uygun çözümün bulunması maksadıyla kullanılmaya başlanan "Oyun Teorisi" yaklaşımının havza yönetimi karar verme mekanizmasına sağlayacağı potansiyel katkıyı belirlemek amacıyla yapılmıştır. Ülkemizde havza yönetimi alanında ilk defa uygulanacak olan bu yaklaşımla, havza planlaması yaparken, hem su kalitesini tehdit eden unsurları belirleyip onları bertaraf ederek su kalitesini korumak hedefini taşıyan çevreci paydaşların, hem de havzadaki ekili arazisinden maksimum verim almak isteyen ya da hayvancılık gelirini arttırmak isteyen çiftçi, fabrikasından maksimum gelir elde etmeye çalışan sanayici gibi ekonomik beklentisi olan paydaşların durumları dikkate

alınmıştır. Hedefleri çatışan bu paydaşları memnun edecek ortak bir noktada buluşturarak uygulanabilir bir sonuç elde etmek ve havzada söz sahibi olan karar vericiye bu manada destek olmak tezin ana amacı olarak belirlenmiştir.

Bu yaklaşımı uygulayabilmek için daha önce üzerinde çalışma yapılmamış olan, Marmara havzası sınırları içerisinde yer alan, inşasına 2012 yılında başlanan Namazgah baraj havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Ekonomik getiriyi maksimize etmeyi amaçlayan ekonomist bir oyuncu ve su kaynaklarının kalitesinin korunmasını amaçlayan çevreci bir oyuncu seçilerek oyun kurulmuştur.

Havzadaki mevcut arazi kullanım durumu, çalışmanın çerçevesini belirleyecek olan kısıt durumları, her farklı kullanım durumundan kaynaklanan kirlilik yükü katsayıları ve ekonomik getiri katsayıları gerçeğe en yakın olacak şekilde sayısal olarak belirlenerek elde edilen sonuçların gerçekçi, anlaşılır ve birbirleri ile karşılaştırılabilir olması hedeflenmiştir.

Teori, havzadaki mevcut gübre kullanım durumuna göre belirlenen kirlilik katsayıları ile uygulandığında bu durumun içme suyu amaçlı inşa edilen barajın su kalitesini ciddi ölçüde tehdit ettiği belirlendiğinden çözüm önerisi sunmak amacıyla ürünlerin ihtiyaçları oranında gübre kullanılırsa oluşacak kirlilik katsayıları dikkate alınarak Oyun Teorisi modeli yeniden uygulanmıştır. Her iki durum için de havzada kurulması planlanan organize sanayi bölgesinin sistemde olduğu ve olmadığı şeklinde tanımlanan iki senaryo hazırlanmış ve model çalıştırılmıştır. Böylelikle üst yönetimlerce planlanan organize sanayi bölgesine oyuncular tarafından havzada yer verilip verilmeyeceği ve organize sanayi bölgesinin havzaya nasıl bir ekonomik katkı sağlayacağı belirlenmeye çalışılmıştır.

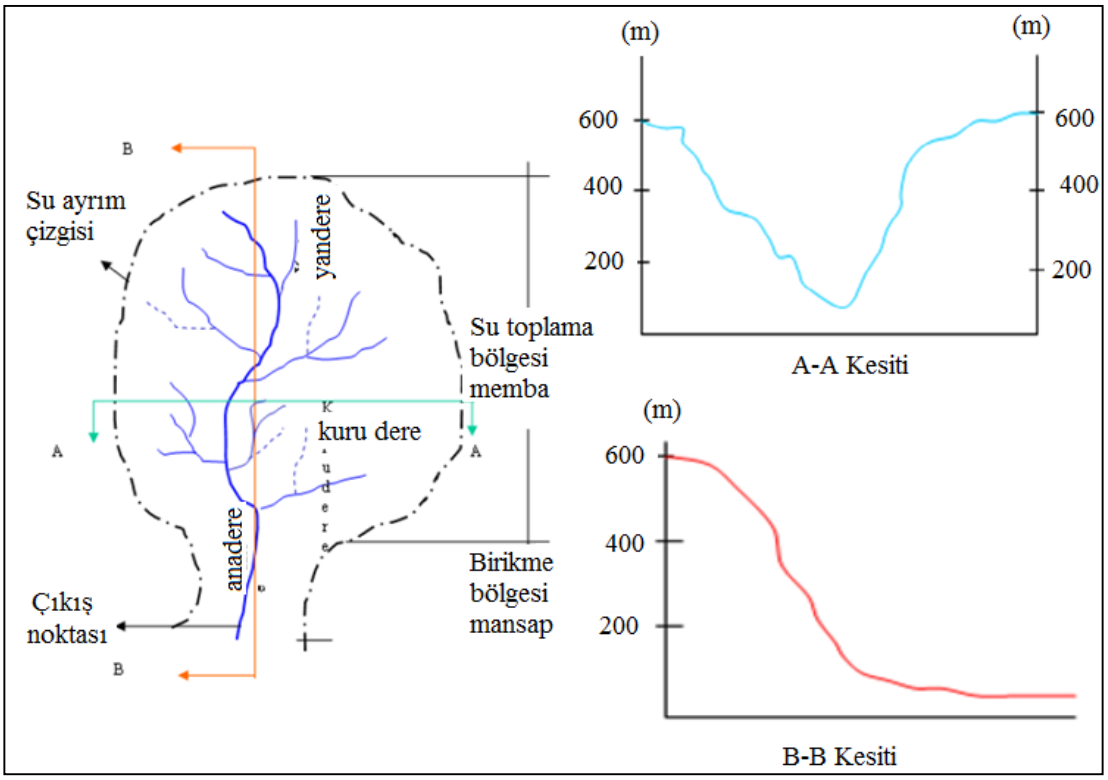
Oyun Teorisi yaklaşımı ile elde edilen sonuçların güvenilirliğinin araştırılması için, mühendislik bilimleri, sosyal bilimler, bilgisayar bilimleri, yönetim bilimleri, tıp, meteoroloji ve psikoloji gibi pek çok alanda başarıyla uygulanan Bulanık Mantık yaklaşımı kullanılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Böylelikle ülkemizde, Oyun Teorisi ve Bulanık Mantık yaklaşımlarının ikisi birden gerçek havza ölçeğinde ve gerçek veriler kullanılarak ilk defa havza yönetimi alanına uygulanmıştır.

2. HAVZA YÖNETİMİ

2.1. Havza

Bir akarsuyun kaynağıyla-sonlandığı yer arasında kalan ve ona su veren tüm kolları kapsayan alan olarak tanımlanabilen havza; insanları, kentsel ve kırsal yerleşimleri, tarım ve orman alanlarını, çeşitli kategorilerdeki endüstrileri, iletişim ve haberleşme ağlarını, çeşitli hizmet sektörlerini ve gezinti (rekreasyonel) alanlarını içine alan; sosyal, ekonomik ve biyofiziksel, aynı zamanda dinamik bir sistemdir [UN, 1997]. Şekil 2.1'de havza ve bileşenleri gösterilmiştir.

Farklı sektörlerin ve kaynak kullanıcılarının bir arada düşünüldüğü, tehdit ve olanakların uzun vadeli değerlendirildiği bir alana yapılan müdahalenin yarattığı olumlu ve olumsuz etkilerin izlendiği en uygun ölçek havzadır. Bu nedenle, doğal kaynakların yönetiminde havza ölçeği esas alınmalıdır [Dawei and Jingsheng, 2001].



Şekil 2.1: Havza ve bileşenleri.

Akarsu havzasında ana nehrin deniz veya göle döküldüğü yukarı havzadan gelen suyun kullanıldığı alt bölüm aşağı havza olarak tanımlanır. Su toplama alanının

üst kısmı ise yukarı havza olarak ifade edilir. Sularını denize kadar ulaştıramayan veya göle dökülen akarsuların havzaları kapalı havzalardır. Açık havzalar ise sularını denize ulaştıran akarsuların havzalarıdır. İki komşu havzayı birbirinden ayıran ve dağların en yüksek kesiminden su ayrım çizgisi (su bölümü çizgisi) Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

Şekil 2.2: Su ayrım çizgisi.

Şekil 2.3'den de görülebileceği gibi Türkiye 25 havzadan oluşmaktadır. Havzalar şu şekilde sıralanabilir:

- Marmara denizine dökülen havzalar: Marmara ve Susurluk
- Karadeniz'e dökülen havzalar: Batı Karadeniz, Kızılırmak, Yeşilırmak, Doğu Karadeniz
- Akdeniz'e dökülen havzalar: Ceyhan, Seyhan, Doğu Akdeniz, Batı Akdeniz, Antalya
- Uluslararası havzalar: Asi, Fırat-Dicle, Aras, Çoruh, Meriç-Ergene
- Ege Denizine dökülen havzalar: Büyük Menderes, Küçük Menderes, Gediz, Kuzey Ege
- Kapalı havzalar: Burdur, Göller, Konya Kapalı ve Van Kapalı havzaları

Şekil 2.3: Türkiye havza dağılım haritası.

2.2. Havza Yönetimi

Su kirliliği probleminin giderek önemli boyutlara ulaşması, ülkeleri bu konuda ciddi önlemler almaya zorlamış, böylece bu alanda pek çok mevzuat oluşmuştur. Bu kapsamda 2000 yılında Avrupa Birliği tarafından iyi su kalitesine ulaşmayı hedefleyen Su Çerçeve Direktifi (SÇD) kabul edilmiştir.

SÇD'nin amaçları, çok iyi duruma sahip olan su kütlelerinde çok iyi durumun korunması, suların mevcut durumundaki her türlü bozulmanın önlenmesi ve tüm sularda 2015 yılına kadar en azından iyi duruma ulaşılması şekilde sıralanabilir.

Bütün su kaynaklarının korunması ve iyileştirilmesi için tutarlı bir yönetimin sınırlarını belirleyen SÇD, nehir havzalarında sürdürülebilir su kaynakları yönetiminin sağlanmasının, halkın ve yerel uygulayıcıların her seviyede plana dahil edilmesi ile gerçekleşeceğini öngörmektedir.

Bir havza sınırı içerisinde kalan toprak, su, bitki örtüsü varlığı ve burada yaşayan diğer canlılar ile bunları etkileyen faktörlerden biri olan insan faaliyetlerinin birlikte ele alındığı sürdürülebilir doğal kaynak yönetimi olarak tanımlanan havza yönetimi disiplinler arası bir yaklaşım gerektirir.

Havza planlaması ve yönetimi ile ilgili ilk çalışmalar yalnızca hidroelektrik üretimi ya da taşkın kontrolü gibi tek bir amaca yönelik olarak başlamıştır. Daha

sonraları havza planlaması ve yönetimi çalışmaları, iki gelişme hedefini bütünleştiren, örneğin taşkın kontrolünü ve hidroelektrik üretimini birlikte sağlamak üzere baraj yapılmasını öneren çalışmalarla iki amaçlı hale gelmiştir. Zamanla havza planlaması ve yönetiminde çok sayıda hedefin birlikte ele alındığı, çok amaçlı çalışmalar gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Sonuç olarak toprak ve su kaynaklarının optimum gelişimleri ve etkileşimlerini bir sistem analizi temelinde değerlendiren ve insan refahını ön planda tutan Bütünleşik Havza Yönetimi yaklaşımı geliştirilmiştir.

Bütünleşik havza yönetiminin ana hedefi mevcut su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının teşvik edilmesi ve sağlanması, su ekosistemlerinin ve bunlara bağlı diğer ekosistemlerin iyileştirilmesi ve tahribatının önlenmesidir.

Sürdürülebilir havza yönetiminde; havzanın çevresel özelliklerinin tanımlanması, hâlihazır ve gelecekteki yararlı kullanımları için gerekli kalite ölçütlerinin saptanması, kirletici kaynakların tanımlanması, hâlihazır su kalitesinin yararlı kullanımlara göre değerlendirilmesi, mevcut kirliliğin kontrolü için uygun strateji belirlenmesi en önemli unsurlardır [Tanık, 2007].

2.3. Havza Yönetiminde Karşılaşılan Problemler

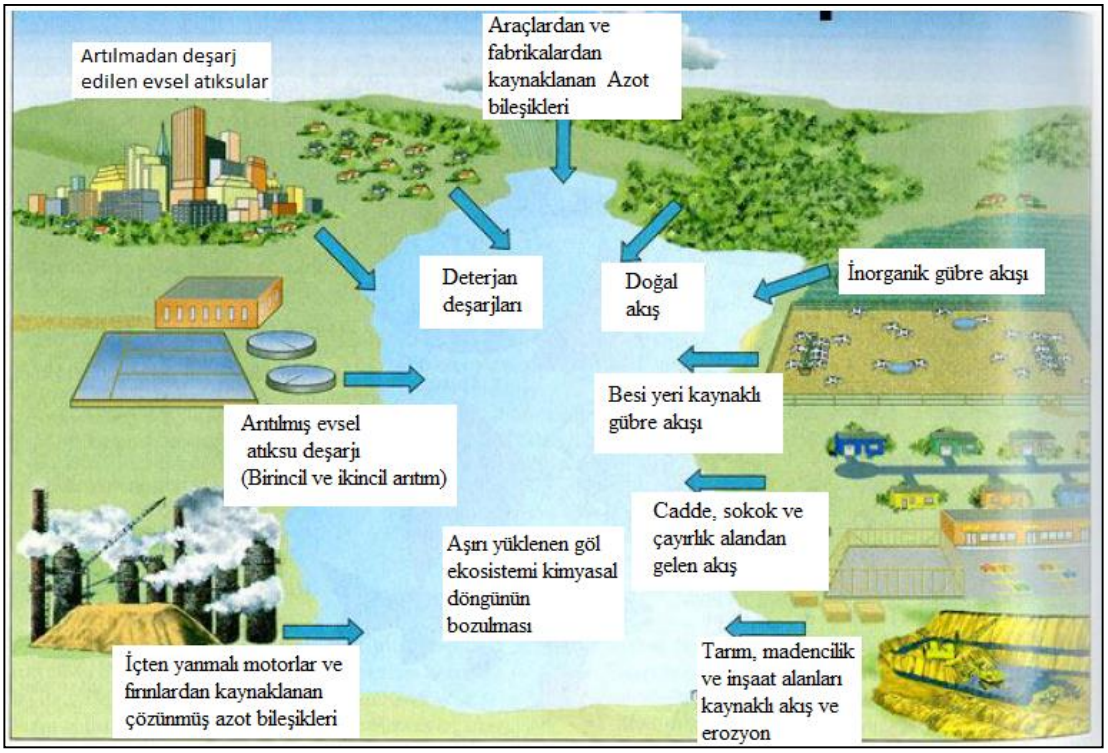
Su kaynaklarının korunması amacıyla alınacak tedbirlerin belirlenebilmesi için öncelikle nehir, göl, deniz gibi alıcı su ortamlarında kirliliğe neden olan kirletici kaynakların belirlenmesi gerekmektedir.

Su kaynaklarında kirliliğe sebep olan ve noktasal ve noktasal olmayan (yayılı) olmak üzere iki gruba ayrılan kirleticiler Şekil 2.4'de gösterilmiştir.

Alıcı su ortamlarına belirli bir noktadaki kirletici kaynaktan gelen kirlilik deşarjları sonucunda oluşan kirliliğe noktasal kaynaklı kirlilik denir. Noktasal kirletici kaynaklar, genelde evsel kullanımlardan ve endüstriyel tesislerden gelen tanımlanabilir ve izlenebilir atıksu deşarjlarıdır. Son yıllarda arıtma teknolojisinin de gelişmesi ile beraber evsel ve endüstriyel deşarjlardan kaynaklanan atıksuların arıtımı ile noktasal kaynaklı kirliliğin kontrol edilmesi oldukça kolaylaşmıştır.

Noktasal kirletici kaynaklar gibi belirli bir noktadan deşarjı olmayan, kentsel ve kırsal alanlardaki arazi kullanım faaliyetlerinden (tarım, hayvancılık, çayır, mera, madencilik ve inşaat alanları vb.) ve atmosferden kaynaklanan, alıcı ortama iklimsel ve meteorolojik koşullar ile coğrafi ve jeolojik koşullara bağlı olarak kesikli şekilde

ulaşan, çeşitli ortamlar (hava, su, toprak) boyunca karmaşık taşınım ve dönüşüm reaksiyonları içeren, noktasal kirleticilere göre kontrolü çok daha karmaşık ve zor olan kirliliğe yayılı (noktasal olmayan) kirlilik denir.



Şekil 2.4: Noktasal ve yayılı kaynaklar.

Yayılı kirlilik, kentsel ve kırsal alanlardaki tüm arazi kullanım faaliyetleri, atmosferdeki kirletici emisyonlarından (ısınma ve endüstriyel üretim gibi zorlayıcı etkenler sonucunda) kaynaklanan, alıcı ortama iklimsel ve meteorolojik koşullara (yağmur ve karların erimesi) bağlı olarak ve coğrafi ve jeolojik koşullara bağlı olarak kesikli şekilde ulaşan, çeşitli ortamlar (hava, su, toprak) boyunca karmaşık taşınım ve dönüşüm reaksiyonları sayesinde havza veya alt havza boyunca yayılan kirliliğe denilmektedir.

Yayılı kirliliğin noktasal kirliliğe göre kontrolü, izlenmesi ve denetlenmesi çok daha karmaşık ve zordur. Arıtmanın en etkili kirlilik kontrol yöntemi olduğu noktasal kaynakların aksine, yayılı yüklerin azaltılmasında kara ve yüzeysel akış yönetim uygulamaları üzerinde durulmaktadır.

Havzalarda sık rastlanan ve sürdürülebilir yönetime gereksinim olduğunu gösteren problemler, ötrofikasyon, sularda kalıcı ve toksik maddelerin birikimi, yağ

kirlenmeleri, yüzme alanlarında sağlıksız koşullar, biyolojik çeşitliliğin azalması ve tehlikeye düşmesi şeklinde sıralanabilir.

Bir su ekosisteminde azot (N) ve fosfor (P) konsantrasyonunun artmasının biyolojik etkileri olarak tanımlanan ötrofikasyon [Harper, 1992]; yüksek besi maddesi konsantrasyonu sebebiyle Türkiye'deki nehir havzalarının da başlıca problemidir [Karpuzcu vd., 2006].

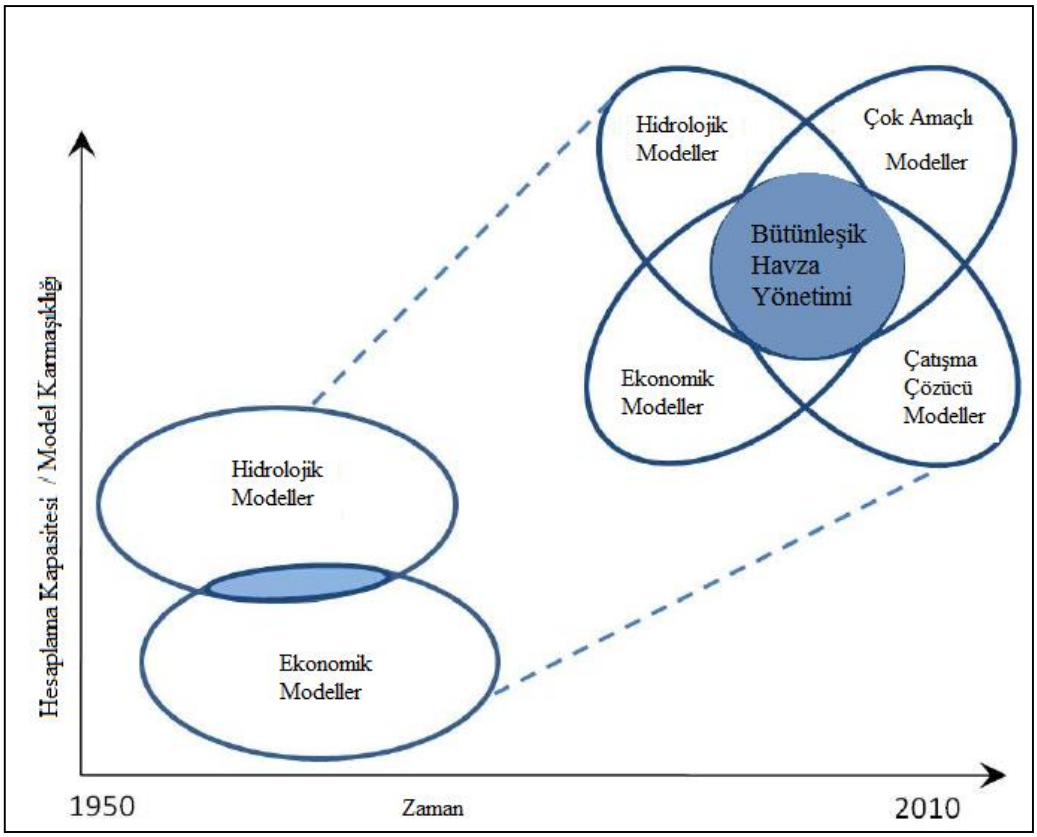
Bu sebeple Orman ve Su İşleri Bakanlığı tarafından SÇD'nin gereği olarak yüzey ve yeraltı sularının özelliklerinin ve kirlilik durumu ile kentsel, endüstriyel, tarımsal, ekonomik vb. faaliyetlere bağlı olarak oluşan baskı ve etkilerin tespit edilmesi, havza bazında tespit edilen kirlilik kaynaklarının ve yüklerinin ayrıntılı olarak incelenmesi, havzanın çevresel altyapı durumunun tespit edilmesi, havzada meydana gelen kirliliğin önlenmesi, havzanın korunması ve iyileştirilmesi için havzadaki tüm paydaşların katılımı ile kısa, orta ve uzun vadede alınacak tedbirlere yönelik çalışmaların ve planlamaların yapılması amacıyla Havza Koruma Eylem Planları hazırlatılmaktadır.

2.4. Havza Yönetimi ve Modelleme

Sürdürülebilir bir havza yönetimi planı yapmak için, alınan kararların gelecekteki etkilerini belirlemek amacıyla havza modelleri kullanılmıştır. 1960'lı yılların ortalarında geliştirilen Stanford Havza Modeli bilinen ilk havza hidrolik modeli olarak kabul edilmektedir. Havza modelleri; gelişen bilgisayar teknolojisi, Coğrafik Bilgi Sistemleri (CBS) gibi veri işleme ve yönetim araçları ve veri tabanı yönetim sistemleri sayesinde sadece mühendislik/ekonomik modellerden daha bütünleşmiş modellere dönüşmüştür [Singh and Woolhiser, 2002].

Aynı şekilde, uzaktan algılama, uydu ve radar uygulamalarında görülen büyük teknolojik gelişmelerin, CBS teknikleri ve gelişen saha ölçüm yeteneği ile birleşmesi, mekansal havza modellemesini kolaylaştırmıştır [Kite and Pietroniro, 1996], [Fortin et al., 2001], [Chen, 2004].

Şekil 2.5 havza modellemesinin veri işlemede kaydedilen ilerleme sonrası disiplinler arası bir yaklaşıma dönüşmesi ve geniş kapsamlı problemlere uygulanabilmesini şematik olarak ifade etmektedir [Mirchi et al., 2009].



Şekil 2.5: Bütünleşik havza modellemesinin zamanla değişimi.

Havza modelleri çözüm metotlarına göre simülasyon ve optimizasyon modelleri olarak ayrılırken kapsamlarına ve amaçlarına göre mühendislik esaslı havza süreç modelleri, hidro-ekonomik modeller, çok kriterli (çok amaçlı) karar verme modelleri ve çatışma çözücü modeller olmak üzere dört gruba ayrılır [Mirchi et al., 2009].

2.4.1. Havza Modellemesi Metotları: Simülasyon ve Optimizasyon

Simülasyon modelleri, belirli sayıdaki alternatiften hangisinin daha iyi sonuç vereceğinin belirlenmesi gereken durumlarda ya da yapılan planın uygulanmasından hangi sonuçların elde edileceğinin belirlenmesini gerektiren durumlarda kullanılabilen bir yöntemdir. Fiziksel parametreleri ve mühendislik tasarımlarını ya da yönetim planının girdi olarak alır ve çıktıları tahmin eder. Aynı verilerle farklı senaryolar altında nasıl sonuç alınacağı konusunda fikir verirler.

Optimizasyon modelleri ise; belli kısıtlar çerçevesinde, belirlenen karar değişkenlerinin alabileceği en iyi sonucun belirlenmesi gereken durumlarda

kullanılmaktadır. Çok sayıda alternatifi ortaya koyduğu için oluşturulan senaryolar arasında gözden kaçan durumları da engellemiş olur. Ancak, optimal çözümlerin bazen pratikte uygulanamayacak çözümler olabileceğini unutmamak gerekmektedir.

Havza yönetim planının yapısına ve türüne göre simülasyon ya da optimizasyon metodu kullanılabilir.

2.4.2 Havza Modellemesi Yaklaşımları

2.4.2.1. Süreç Modelleri ve Uygulama Örnekleri

Havza süreç simülasyon modelleri, havza ölçeğinde gerçekleşen doğal işleyişin sayısal analizi ve tahminin yanında, insan-mühendislik tahrifatının havza ölçeğindeki etkisinin anlaşılmasında kullanılmaktadır [Singh and Woolhiser, 2002]. Mühendislik esaslı havza süreç modelleri, çoğunlukla havza planlama ve yönetiminde amaçlanan dizayn alternatifleri arasındaki teknik nüansların anlaşılması konusunda karar vericilere yardımcı olmanın yanında, eski projelerin potansiyel ektilerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Havza süreç simülasyon modelleri yağış akış tahminleri, taşkın azaltma dizaynı, su temin projeleri, arazi kullanım planlama ve sulama planlama, yüzey ve yer altı suyu kalitesi koruma gibi pek çok konuyu içeren geniş bir uygulama alanı vardır [Mirchi et al., 2009]. Sırbistan'da yapılan bir çalışmada; akış ve sediment taşınım simülasyon yaklaşımı kullanılarak, çimlendirilmiş alanların hidrolojik ve morfolojik davranışı anlamak hedeflenmiştir [Deletic, 2001]. Iowa'da 2007 yılında, havza süreç simülasyon modeli ve fosfor yükleme tahmini yaklaşımı kullanılarak yapılan bir çalışmada, yayılı kirletici kaynakların tespitinin yapılabilmesi amaçlanırken [Abaci and Papanicolaou, 2007]; Kanada'da, baraj hava payı ve dolu savak kapasitesi yeterliliğinin belirlenmesi amaçlı yapılan çalışmada hidrolojik modelleme kullanılmıştır [Lee, 1996].

2.4.2.2. Hidro-ekonomik Havza Modelleri ve Uygulama Örnekleri

Hidro-ekonomik havza modelleri, su kaynaklarının yönetim uygulamalarının analizi, potansiyel ekonomik ve çevresel etkileri, paydaş gruplar arasındaki etkileşimler ve dengelerin belirlenmesi, uzun süreli kuraklık yönetimi ve taşkın

azaltmanın değerlendirilmesi, su kaynakları yönetimi politikaları ve stratejileri geliştirme, iklim değişikliği adaptasyon stratejileri geliştirme ve su kalitesini ve ekosistemin niceliğini korumayı sağlama konularında sıkça kullanılan, çoğunlukla optimizasyon temelli, bazı kısıtlar çerçevesinde ekonomik değerleri maksimum veya minimum yapmayı amaçlayan modellerdir [Mirchi et al., 2009].

Kaliforniya'da, yeraltı suyu kontrol mekanizması olmaması nedeniyle yanlış yeraltı suyu tahsisi ve ekonomik verimsizlik sorunlarının çözümü için, yeraltı suyu depolama kuralları türetilmesi amacıyla hidro-ekonomik optimizasyon modelinin kullanılması [Burt, 1964], Missouri Nehri çoklu rezervuar sisteminde, çok sayıdaki kullanıcı grup arasındaki dengelerin sağlanabilmesi probleminin çözümü için, ekonomi temelli rezervuar operasyon kuralları belirlemek amaçlı, hidro-ekonomik optimizasyon simülasyon modelinin kullanması [Lund and Ferreira, 1996], Amerika Birleşik Devletlerinde, su kullanımı, bölgeler ve kıtlık kontrol programı arasındaki hidrolojik ve ekonomik dengenin belirlemesi amacıyla yapılan çalışmada, su dağıtımı hidro-ekonomik optimizasyon modelinin kullanılması [Ward and Pulido, 2008], Almanya'da, su ve havza yönetimi ölçeğinde yapılacak değişiklik ile suyun miktarının ve kalitesinin arttırılması amacıyla, hidro-ekonomik modelleme, ekolojik ve sosyo-ekonomik değerlendirme, havza süreci simülasyon metotlarının kullanılması [Volk et al., 2008], Brezilya'da, çiftçilerin ve tarımsal üretimin ekonomik davranışlarının ve tarımsal faaliyetten kaynaklanan kuraklığa bağlı hidrolojik değişikliklerin incelenmesi amacıyla, hidrolojik simülasyon ve hidro ekonomik optimizasyon modellerinin kullanılması [Maneta et al., 2009] bu alandaki uygulama örnekleri olarak sıralanabilir.

2.4.2.3. Çok Amaçlı Karar Verme Modelleri ve Uygulama Örnekleri

Çok amaçlı karar verme modeli, genellikle çatışmaların da olduğu çoklu hedeflerle ilgilenilen karar verme süreçlerinde kullanılır. Çok amaçlı analiz teknikleri havza planlama ve geliştirme, su kaynaklarının geliştirilmesi, arazi kullanımı yönetimi, yeraltı/yüzey suyu tahsisi, havza planlaması ve su kaynaklarının kalitesi gibi alanlarda karar veya tasarım alternatifleri seçmek için su kaynakları uygulayıcıları tarafından tercih edilir [Mirchi et al., 2009].

Macaristan'daki çalışmada [Duckstein, 1979]; su kaynakları sisteminin dizaynı için, çok amaçlı optimizasyon tekniğini kullanarak, maliyet etkinlik analizi yaparken; Arizona'da, çoklu yaklaşımların nehir havzası planlanmasında uygulanabilirliğinin araştırması yapılmıştır [Gershom and Dukstein, 1983]. Slovakya'da bir nehir havzasında birkaç bileşen için, maliyet ve su kalitesi standartları arasında denge değerlendirmesi yapabilmek için, çok amaçlı optimizasyon tekniği kullanılmıştır [Makowski et al., 1996]. Çok amaçlı karar verme süreci, Tayvan'da yapılan bir çalışmada, su kalitesi yönetim planı geliştirmek amacı için kullanılırken [Lee and Chang, 2005], Yunanistan'da yapılan çalışmada, sosyo-ekonomik ve çevresel hedefler açısından sulama suyu tahsisi iyileştirilmesi amacıyla kullanılmıştır [Latinopoulos, 2009].

2.4.2.4. Çatışma Çözücü Modeller ve Uygulama Örnekleri

Havza planlaması ve yönetiminde paydaşlar ve ilgili gruplar bazen aynı amaçlara sahip olsalar da çoğu zaman paydaşların hedefleri arasında çatışma söz konusu olur. Çatışma çözücü modeller genellikle problemin teknik, sosyoekonomik, politik ve çevresel yönleri arasında bir uzlaşma arar [Lund ve Palmer, 1997]. Klasik kazan-kaybet ya da sıfır toplamlı çatışma çözücü modellerin aksine su kaynakları çatışma çözücü modeller kazan-kazan ya da pozitif toplamlı sonuçların olduğu sosyal açıdan kabul görecek çözümler arar [Nandalal and Simnovic, 2003]. Genellikle çoğu çok amaçlı karar verme modeli, paydaşların sistem için optimal çözümü elde etmek için işbirliği yapacağını varsayarak, çok amaçlı problemi tek hedefe dönüştürme eğilimi gösterirler. Ancak yapılan kabul gerçekçi olmayan, kabul edilemez sonuçlara sebep olabilir. Bu sebeple; paydaşların kendi yararlarını maksimum yapmayı hedefleyecekleri kabulü üzerine kurulu olan, oyun teorisi gibi diğer çatışma çözücü modeller düşünülmelidir [Madani, 2010]. Oyun teorisi, Pakistan'da, rasyonel bir taşkın kontrol planı geliştirmek ve işbirliği imkanlarını araştırmak amacıyla [Rogers, 1969], Güney Kore'de kabul edilebilir yönetim alternatiflerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi ve sürdürülebilir su kaynağı yönetiminin kolaylaştırılması amacıyla, çok kriterli karar verme ve çatışma çözücü modelleme yaklaşımları uygulanmıştır [Ryu et al., 2009].

3. METOT: OYUN TEORİSİ VE BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI

3.1. Çok Amaçlı Model

Gerçek hayatta karşılaşılan pek çok durumda, tek bir amacı maksimum ya da minimum yapmak yeterli olmaz. Aynı konu üzerinde farklı beklentileri olan birçok paydaş olabilir ve bu paydaşları ortak bir noktada buluşturmak karar vericilerin karşılaştığı en önemli sorunlardan biridir. Bu sebeple, bu problemlerin çözümünde tek amaca hizmet eden optimizasyon teknikleri yerine, çok amaçlı modeller tercih edilir.

İktisatçı Pareto tarafından geliştirilen Pareto tanımına [Pareto, 1971] göre, bir toplumdaki refah, devlet ya da toplumdan ziyade kendini oluşturan bireylerin refahına bağlıdır. Paretocu refah teorisi, Pareto optimumu olarak nitelendirilen sosyal refahın en çok olduğu noktaya ulaşmayı sağlayan fiyat sistemini oluşturan koşulların ne olduğunu ve âdem-i merkeziyetçi kararlara dayalı fiyat mekanizmasının söz konusu optimumu gerçekleştirebilmesi için hangi ek varsayımlara ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır [Albayrak, 2003]. Bu teoriye göre, refah dengeye ulaştığında herhangi bir bireyin refahındaki artışın en az bir diğerinin refahı azalmaksızın gerçekleşmesi olanaksızdır [Sönmez, 1987]. Pareto, bir bireyin durumunu "kötüleştirmeden" diğerininkini "iyileştirmenin" imkânsız olduğu noktada, yerine getirilmesi zorunlu olan gerekli koşulları sıralamıştır [Little, 1957]. Toplumdaki refah için geliştirilen Pareto tanımı, çok amaçlı modellerin çözümünde kullanılır.

Çok amaçlı bir problemin matematiksel modeli, en genel haliyle şu şekilde tanımlanabilir:

$$Max(\min)\mathrm{E}(\mathrm{x}) = [\mathrm{E}_1(x), E_2(x), \dots E_v(x)] \tag{3.1}$$

$$g_j(x) \leq 0, \qquad j = 1,2, \dots, m \tag{3.2}$$

$$x_k \geq 0, \qquad k = 1,2, \dots, n \tag{3.3}$$

Burada, $\mathrm{E(x)} = [\mathrm{E}_1(x), E_2(x), \dots E_v(x)]$, v tane amaç fonksiyonundan oluşan bir dizi; $g_j(x)$, j. kısıt fonksiyonu ve x_k, k. karar değişkenidir.

Havza yönetimi çalışmalarında farklı hedefleri olan pek çok paydaş vardır. Örneğin bir dere havzasında; bir paydaş, derenin üzerine baraj inşa edip içme suyu sıkıntısını çözmek isterken, bir başka paydaş, tarım arazisini sulamak ve daha çok ürün almak ister. Bir paydaş, baraj inşa edilirse bu durumun mevcut bitki örtüsünde nasıl bir değişikliğe yol açacağı ile ilgilenirken, diğer bir paydaş, balık türleri üzerindeki etkisiyle ilgilenir. Sanayici, mevcut araziyi olabildiğince kullanmak isterken, belediye, mevcut su kaynaklarının kalitesini korumak ister. Sıralanan bütün hedefler, maksimum ekonomik getiriyi elde etmek ve çevreyi korumak şeklinde iki temel hedef çatısı altında toplanabilir.

Bu çalışmada, iki amaçlıya dönüştürülmüş çok amaçlı model kullanılmış ve paydaşlardan birinin ekonomik getiriyi maksimum yapmak istediği, diğerinin havzadaki faaliyetlerden olumsuz etkilenecek baraj gölünün kalitesini korumayı hedeflediği bir model kurulmuştur. Bu iki temel hedef doğrultusunda kurulan iki amaçlı modeli çözmek için Oyun Teorisi ve Bulanık Mantık yaklaşımları seçilmiştir.

3.2. Oyun Teorisi Yaklaşımı

3.2.1. Oyun Teorisi

Oyun Teorisi, 1944 yılında geliştirilen [Neumann and Morgenstern, 1944], çıkarların çatışmasından kaynaklanan paylaşım problemlerinin çözümünde kullanılan matematiksel bir metottur. Bir oyuncunun seçiminin diğer oyuncuları etkilediği durumlarda, oyuncular arasında denge oluşturacak optimal stratejileri belirlemeye çalışan etkileşimli bir karar verme sürecidir [Davila et al., 2005], [Parrachino et al., 2006].

John Nash, kendi adıyla anılan denge noktası çözümünü geliştirmiş [Nash, 1950] ve 1950 ve 1953 yılları arasında Oligopolistik piyasalarda Nash dengesi ve pazarlık problemleri konusunda çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalar, Oyun Teorisi'nin sıfır toplamlı oyunlardan, sıfır toplamlı olmayan oyunlara doğru ilerlemesine katkı sağlarken, bir taraftan N sayılı oyunlarda denge noktaları ve işbirliksiz oyunlarda denge noktasının bulunabileceği sonucunu ortaya koymuştur.

Pazarlık problemi ve iki kişilik işbirlikçi oyunlar üzerine yaptığı çalışmalarla 1994 yılında ekonomi alanında Nobel ödülü kazanmıştır [Mirowski, 1992].

Oyun teorisinin oyuncular, oyunun kuralları ve stratejiler, oyundan elde edilen kazanç veya ödemeler ve oyunun sonucu ve denge noktasından oluşan dört ana unsuru vardır. Oyun teorisinde kullanılan bu unsurlar şu şekilde tanımlanabilir [Öztürk, 1997].

Oyuncular; bir oyunda karar veren ve oyunun tarafları olan birimler olarak tanımlanır. Oyuncular, gerçek kişiler olabileceği gibi bir firma, ulus ya da biyolojik bir tür de olabilir [Nicholson, 1998], [Çağlar, 2002]. Oyundaki oyuncu sayısı, çatışan çıkar sayısına bağlı olarak değişir. Oyuncuların yeterli bilgiye sahip oldukları ve oyunu kazanmak için akılcı hareket ettikleri kabul edilir. Oyunlar iki kişilik oyunlar ve n kişilik oyunlar olarak sınıflandırılabilir.

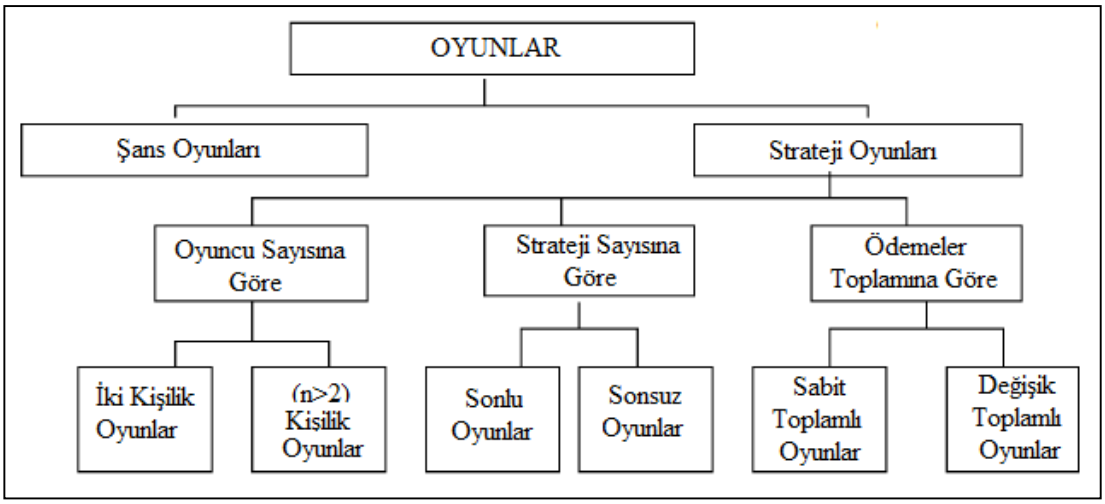
Her oyuncunun rakip oyuncuların olası hamlelerini de dikkate alarak önceden belirlediği hamleler strateji olarak adlandırılır. Oyuncular saf strateji uygulayabilecekleri gibi, karma bir strateji de uygulayabilirler. Oyuncu, rakibinin stratejisini dikkate almadan hep aynı stratejiyi uyguluyorsa buna "saf strateji" denir. Bu durumda tek denge noktasına ulaşılmaya çalışılır. Denge noktasının olmadığı oyunlarda, oyuncular farklı stratejilerden farklı yüzdelerde yararlanarak karma strateji geliştirebilirler [Miran, 2005].

3.2.2. Oyunların Sınıflandırılması

Oyunlar temelde iki gruba ayırırlar: Şans oyunları ve strateji oyunları. Şans oyunu olarak tabir edilen oyunlar, sonucun olasılık hesaplarına dayalı olduğu oyunlardır. Bir madeni paranın havaya atılmasında, yazı veya tura gelmesinin şansa bağlı olması örnek olarak verilebilir.

Oyuncunun bilgi, beceri, zekâ vb. düzeyleri ile doğrudan ilgili strateji oyunları ikinci tür oyunlardır. Strateji oyunlarının yapısına baktığımızda stratejik oyunlar, oyuncular, stratejiler, kazanç veya kayıplar ile denge noktasını içinde barındıran oyunlardır.

Oyunların sınıflandırılması Şekil 3.1'de şematik olarak gösterilmektedir [Özden, 1989].



Şekil 3.1: Oyunların sınıflandırılması.

Oyuncu sayısına göre strateji oyunları, iki kişilik ve n kişilik oyunlar olarak ikiye ayrılır. Oyun sadece iki kişi tarafından oynanıyorsa, bu tür oyunlara iki kişilik oyun adı verilmektedir. Oyuncuların strateji sayılarına göre oyunlar, sonlu ya da sonsuz oyunlar olarak adlandırılmaktadır [Web 1, 2004].

Oyunun sonucunun negatif, pozitif veya sıfır olması oyuncunun rakibine karşı kazancını veya kaybını ifade eder. Oyuncuların elde etikleri toplam kazanca göre oyunlar, "sıfır toplamlı oyunlar" ve "sıfır toplamlı olmayan oyunlar" olarak ikiye ayrılır. Bir oyuncunun kazancının diğer oyuncunun kaybına eşit olduğu oyunlar "sıfır toplamlı" oyundur, aksi halde "sıfır toplamlı olmayan oyun" olarak ifade edilir [Özdil,1998].

Diğer bir sınıflama şekli ise, oyunun anlaşmalı olup olmadığıdır. Bu tür oyunlar, işbirlikli oyunlar ve işbirliksiz oyunlar olarak sınıflandırılmaktadır. Oyuncuların, oyuna başlamadan önce işbirliğine girmeleri durumunda elde edecekleri kazanç, işbirliğine girdikten sonra elde edecekleri kazançtan daha yüksek olacağından, oyunculardа kendi faydası maksimum düzeye yükseltme isteği doğacaktır. İşbirliksiz oyunlarda, oyuncular arası işbirliğini kesin olarak yasaklayan ya da karşılıklı olarak rakiplerin birbirlerine karsı güvenlerinin olmadığı türde oynanan oyunlardır. Her oyuncu kendi çıkarına göre en iyisini yapma arzusu içindedir. Tam bir rekabet söz konusudur [İnci, 2009].

Oyun sırasında, her oyuncunun belli sayıda stratejisi olmak zorundadır. Fakat bunun yanında; bir oyuncunun, karşısındaki oyuncular ne şekilde oynarsa oynasın, kendi kazancını göz önünde bulundurarak tek bir şekilde hamle yapmasının anlamlı

olduğu durumlarla da karşılaşılabilir. Bu durum, ilgili oyuncunun baskın stratejiye sahip olduğu anlamına gelmektedir.

Çoğu zaman oyunların baskın stratejileri yoktur ve oyuncular kendi hareketlerini seçmek için diğer oyuncunun hareketlerini ortaya çıkarmak zorundadır. Bu bakımdan oyuncular, stratejilerini belirlerken diğer oyuncuların da kendileri için en iyi olan hamleyi yapacaklarını göz önünde bulundurarak, yapabileceklerinin en iyisini yapacaklardır. Bu da, hâkim strateji dengesini de içine alan ve daha geniş bir denge kavramı olan Nash dengesidir. Nash dengesi, çok geniş oyunlar sınıfında çok kuvvetli tahminler üreten bir çözüm kavramıdır [Esen, 2001].

Nash dengesinde temel unsur, bütün oyuncuların memnun kalacağı ve daha fazla hamle yapmak istemeyeceği denge noktasına ulaşmaktır. Diğer oyuncuların da aynı hedefe odaklandıkları kabulüyle Nash, optimal strateji kavramını oyuncunun kendi ödülünü maksimize ettiği durum olarak tanımlamaktadır. Her oyuncunun optimal stratejisi, diğer oyuncuların oynayacağını tahmin ettiği stratejilerine karsı daha iyi bir kazanç sağlamaktadır. Bu özellikleri olan bir strateji çifti (kombinasyonu), Nash dengesi olarak isimlendirilmekte ve işbirlikli oyunların temelini oluşturmaktadır [Çağlar, 2002].

Bu durumda oynanan herhangi bir oyunda, oyuncular için baskın stratejilerin bulunması, ulaşılan denge durumunun aynı zamanda Nash dengesine karşılık geldiği anlamına gelir. Buna karşılık her Nash dengesi, baskın strateji sonucu ortaya çıkan denge demek değildir. Çünkü kimi oyunlarda birden fazla Nash dengesine ulaşılması mümkündür [Kafadar, 2002].

3.2.3. Oyun Teorisinin Uygulama Alanları

Başlangıçta, oligopolistik piyasalarda rekabet ve kapalı ekonomilerde fiyat oluşumu konularında kullanılan oyun teorisi, daha sonraları politika, askeri stratejiler, sosyoloji, tarım, hukuk, aile içi şiddetin incelenmesi gibi pek çok sosyal bilim dalında da kendisine geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Ayrıca su kaynakları yönetimi, sınır aşan suların paylaşımı konusunda izlenecek politikaların belirlenmesi, arazi planlaması, bölgesel su kalitesinin korunması sorununun yönetilmesi gibi konularda da başarı ile uygulanmıştır.

Ülkemizde yapılan bir çalışmada; 1998 Suriye Türkiye krizinin başlangıçta Tavuk Oyunu şeklinde geliştiği ancak, ABD'nin dahil olmasıyla Mahkumların

Açmazı oyunu halini aldığı oyun teorisi yaklaşımı yapılarak belirlenmiştir [Mumcu ve Kahramaner, 2004].

Türkiye'nin gümrük birliğine girişinin tarım üzerine etkilerinin simülasyon modeli yapılarak, Türkiye AB ve ABD için en uygun stratejileri belirlemek için oyun teorisinden yararlanılmıştır [Kennedy and Atıcı, 1999].

Lineer bir yol üzerinde yer seçmek isteyen iki rakip satıcı için, en uygun yeri belirlemek ve seçecekleri yere göre elde edecekleri kazançları hesaplamak için oyun teorisi kullanılmıştır [Stevens, 1961].

İzmir İli, Bayındır İlçesindeki 162 tarım işletmesinde, risk koşullarında işletme planlaması yapmak amacıyla, oyun teorisi kullanılmış olup; çalışma alanındaki 18 ürün için optimum satış dönemi ve fiyatı hesaplanmıştır [Şahin, 2008].

Türkiye'de Nilüfer çayı alt havzasında; havzada yer alan önemli aktörlerin birbirleri ile çatışan beklentileri ve kazançların değerlendirmesi oyun teorisi kullanılarak yapılmış ve oyunculardan birisi olan Büyükşehir Belediyesi için en uygun stratejinin yukarı havzada yeni sanayi alanlarına izin verilmemesi olduğu ve küçük ölçekli sanayi yatırımcısını temsil eden ikinci oyuncu için en uygun stratejinin "aşağı havzada bir organize sanayi bölgesinde yer seçmek" olduğu belirlenmiştir [Uysal ve Bölen, 2006].

Meksika'da; Alto Rio Lerma Sulama Bölgesinde, tarımsal üretimin ekonomik faydası ve çevreye olan olumsuz etkisini dengelemek amacıyla, 12 farklı yer altı suyu çekme senaryosu arasında, iki çatışan hedef için optimum çözüm, oyun teorisi kullanılarak belirlenmiştir [Raquela et al., 2007].

ABD ve Meksika sınırında, aynı su kaynağını kullanan ve aynı kirlilik problemlerini yaşayan sınır yerleşimlerinin sorunlarını çözecek su kaynakları politikaları geliştirmek amacıyla oyun teorisi kullanılmıştır [Frisvold and Caswel, 2001].

İspanya'da, Turia nehir havzasındaki 4 farklı su kullanıcısı için yapılan maliyet belirleme çalışmasında, işbirlikçi oyun teorisi yaklaşımı, simülasyon ve optimizasyon teknikleri ile desteklenerek kullanılmış ve maliyetlerin büyük bölümünün tarımsal amaçlı oyuncuya ait olduğu belirlenmiştir [Deidda et al., 2009].

Avustralya'da yapılan bir çalışmada; tarım alanlarında, fosfor kirliliği ile bağlantılı olarak, optimum su kalitesi yönetim stratejisi belirlenmesi amacıyla işbirlikçi olmayan oyun teorisi kullanılmıştır [Schreider, 2007].

Tayvan'da yapılan çalışmada; baraj havzasında maksimum ekonomik getiri elde etme hedefi ve çevreye olan etkiyi minimum yapma hedefini dengelemek ve böylece paydaşların karar verme sürecini kolaylaştırmak amacıyla çok amaçlı oyun teorisini kullanmıştır [Lee, 2012].

3.3. Bulanık Mantık Yaklaşımı

3.3.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantığın temeli, 1965 yılında Lütfi Asker Zadeh tarafından atılmıştır [Zadeh, 1965]. Gerçek hayattaki sistemleri klasik matematiksel yöntemlerle modellemek ve kontrol etmek, verilerin tam olması gereksiniminden dolayı oldukça zordur. Bulanık mantık, matematiğin gerçek dünyayı yorumlamasında daha geniş bir uyarlama alanı oluşturmak suretiyle bu zorluğu ortadan kaldırmış ve daha niteliksel bir tanımlama olanağı sağlamıştır. Örneğin bir kişi için "1.70 boyundadır" tanımlaması yerine, sadece "orta boyludur" tanımlamasının yapılması birçok uygulama için yeterli bir veridir. Böylece azımsanamayacak ölçüde bir bilgi indirgenmesi gerçekleştirilerek matematiksel bir tanımlama yerine, dilsel (linguistik) değişken adı verilen daha kolay anlaşılabilen bir değişken ile niteliksel bir tanımlama yapılabilir. "Kalabalık" veya "kalabalık değil" gibi kelimeler ve ifadelerle tanımlanabilen dilsel değişkenlerin değerleri bulanık kümeler ile ifade edilir. Örneğin; bir sınıftaki öğrenci sayısını belirtecek dilsel değişkenin alabileceği "kalabalık", "kalabalık değil" ve "çok kalabalık" değerlerinin her biri ayrı ayrı bulanık kümeler ile ifade edilir [Ülker ve Çomak, 2004].

Mantık kurallarının esnek şekilde uygulanması olarak ifade edilebilen bulanık mantıkta, klasik mantıkta sadece "doğru" ve "yanlış" ya da "1" ve "0" değerleri ile ifade edilen önermeler ve ifadelerin bu iki değerlerin arasında da değerler almasına izin verilir. Böylece "kesinlikle doğru" veya "kesinlikle yanlış" değerlendirmeleri yerine "kısmen doğru" veya "belli bir olasılıkla" doğru şeklinde değerlendirmeler yapabilen bulanık mantık gerçek hayatta daha işlevsel hale gelir.

Zadeh'in 1965 yılındaki makalesinin ardından bulanık matematik, birçok araştırmacının katkılarıyla büyük bir hızla gelişmiştir. Zadeh'ten sonra Rescher,

Dubois, Prade, Lakeoff, Yager ve Kandel gibi bilim adamları bu alanda önemli çalışmalar yürütmüşlerdir [Gonce, 2005].

3.3.2. Temel Kavramlar

3.3.2.1. Bulanık Kümeler ve Üyelik Fonksiyonu

Bulanık küme teorisi, belirsizlik ifade eden terimleri ve kavramları belirsizliğe belirlilik derecesi atayarak, çok değerli kümeler teorisi kapsamı içinde tanımlamalara imkân sağlamaktadır. Belirlilik getirme yaklaşımı, iki değerli kümeler teorisinin çok değerli teoriye dönüşümünden oluşur [Aksoy vd., 2003].

Klasik mantıkta, ayırt edilebilen belirli nesnelerin topluluğu olarak tanımlanan kümeye hangi elemanların ait olup, olmadığı kesin olarak bellidir. Böyle kümelere kesin (krisp) kümeler denir.

Klasik yaklaşımda bir varlık ya kümenin elemanıdır ya da değildir. Matematiksel olarak ifade edildiğinde varlık kümenin elemanı olduğunda "1", kümenin elemanı olmadığı zaman "0" değerini alır. Böylece herhangi bir elemanın 0 veya 1 değeriyle o kümeye ait olup olmadığı belirlenmekte, böylece küme elemanları ile elemanı olmayanlar arasında kesin bir ayrım yapılmaktadır. [Civalek,1999].

Keskin kümelerdeki soğuk-sıcak, hızlı-yavaş, aydınlık-karanlık gibi ikili değişkenler, bulanık mantıkta biraz soğuk, biraz sıcak, biraz karanlık gibi esnek niteleyicilerle yumuşatılarak gerçek dünyaya benzetilir. Bulanık küme teorisinde elemanlar aldıkları üyelik dereceleriyle kümeye ait olurlar. Başka bir ifadeyle bir eleman için kesinlikle kümeye aittir ya da ait değildir ifadeleri yerine x_i elemanı $\mu_{\tilde{A}}(x_i)$ üyelik derecesiyle kümeye aittir ifadesi kullanılır.

Evrensel bir küme olan X kümesinde bulanık bir A alt kümesi,

$$\mu_A : X \rightarrow [0,1] \tag{3.4}$$

üyelik fonksiyonu ile tanımlanır. μ_A üyelik fonksiyonu her bir $x \in X$ 'i [0,1] aralığında bir $\mu_A(x)$ reel sayısına atayan fonksiyondur. x noktasındaki $\mu_A(x)$ değeri ise x' in A kümesindeki üyelik derecesini belirtir.

Bulanık kümeler genelde $\tilde{A}, \tilde{B}, \tilde{C}, \ldots$ ile gösterilmesine rağmen basitlik açısından $A, B, C, \ldots$ ile de gösterilebilir.

Bulanık A kümesi x elemanı ve bunun üyelik derecesi $\mu_A(x)$ 'ten oluşan sıralı ikililer ile

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \epsilon X\} \tag{3.5}$$

şeklinde gösterilebilir.

$\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu sadece 0 ve 1 değerlerini içeriyorsa, A kümesi bulanık bir küme değil, kesin bir kümedir.

3.3.2.2. Bulanık Kümelerde Temel Küme Teorisi İşlemleri

Bir bulanık kümenin en önemli belirteci üyelik fonksiyonudur. Bu sebeple temel küme teorisi işlemleri bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları aracılığıyla tanımlanır. Zadeh tarafından önerilen temel küme teorisi işlemleri şu şekildedir [Sakawa, 1993].

A ve B, X evrenselinde tanımlı iki bulanık küme olmak üzere, temel küme teorisi işlemleri şu şekilde verilebilir:

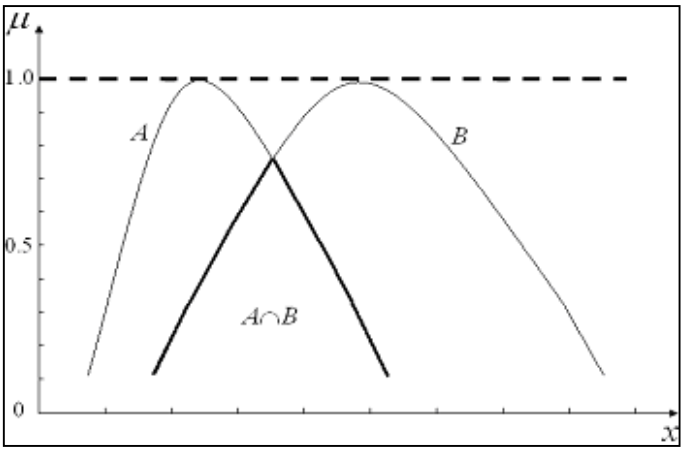
A ve B kümelerinin eşit olması için gerek ve yeter şart X üzerindeki tüm noktalar için bu bulanık kümelerin üyelik derecelerinin eşit olmasıdır.

$$A = B \Leftrightarrow \mu_A(x) = \mu_B(x), \forall x \epsilon X \tag{3.6}$$

A ve B bulanık kümelerinin kesişimi $A \cap B$ ile gösterilir ve

$$\mu_{A \cap B}(x) = min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \forall x \epsilon X \tag{3.7}$$

üyelik fonksiyonu ile tanımlanır. Şekil 3.2'de iki bulanık kümenin kesişimi gösterilmiştir.

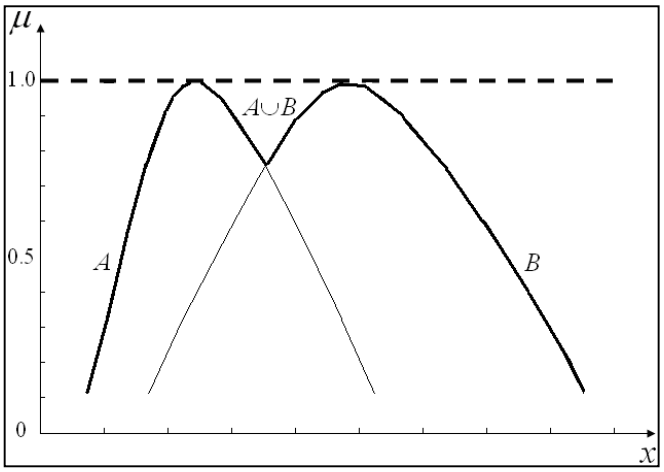


Şekil 3.2: İki bulanık kümenin kesişimi.

A ve B bulanık kümelerinin birleşimi $A \cup B$ ile gösterilir ve

$$\mu_{A \cup B}(x) = max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \forall x \epsilon X \tag{3.8}$$

üyelik fonksiyonu ile tanımlanır. Şekil 3.3'de iki bulanık kümenin birleşimi gösterilmiştir. Bulanık kümeler arası birleşim, "$\vee$" işareti ile gösterilen "mantıksal veya" bağlacına karşılık gelmektedir.



Şekil 3.3: İki bulanık kümenin birleşimi.

3.3.2.3. Bulanık Karar Verme

Klasik anlamda karar verme teorisinde bir karar; karar alternatifleri kümesi (karar uzayı), durum uzayı kümesi, her ikiliye kararı ve sonucu atayan bir bağıntı ve

nihai olarak sonuçları arzu edilebilirliklerine göre sıralayan bir fayda fonksiyonu ile karakterize edilebilir. Belirlilik altında karar verirken Karar Verici hangi sonucu alacağını bilir ve geçerli durum uzayında en yüksek faydalı karar alternatifini seçer. Risk altında karar verirken ise hangi durumun gerçekleşeceği tam olarak bilinmez, sadece durumların olasılık fonksiyonları bilinir ve böylece karar vermek daha güç bir hale gelir [Zimmermann, 1993].

Matematiksel anlamda "karar verme", mevcut tüm alternatifler arasından amaç veya amaçlara en uygun, mümkün bir veya birkaçını seçme sürecidir. İnsanın yaşamına başlaması ile çıkan bu olgu, bütün ömrü boyunca çok çeşitli şekillerde ve ortamlarda devam eder. Aynı şekilde aileler, şirketler, endüstri, hükümet ve benzeri kurumlar çeşitli ortamlarda zincirleme karar verme olgusunu daima yaşarlar [Evren ve Ülengin, 1992].

Gerçek dünyada uzmanların sezgisel yargısı ile aldığı birçok karar oldukça karmaşık durumları içerdiği için matematiksel olarak tam anlamıyla ifade edilememektedir. Böylece karar verme süreci bulanık hale gelmektedir. Bellman ve Zadeh bulanıklık altında karar verme işlemine bulanık hedef, bulanık kısıt ve bulanık karar temel kavramlarını getirmişler ve bunların uygulamaları ile ilgili birçok çalışma yapmışlardır [Bellman and Zadeh, 1970]. Bellman ve Zadeh'nin önerdiği bulanık karar tanımında, bulanık hedef ile bulanık kısıtın aynı anda sağlanması istenir. Böylece bulanık kararı; bulanık hedef ve bulanık kısıtın kesişimi ile tanımlamaktadır.

3.3.3. Bulanık Mantık Uygulama Alanları

Teorik bir yaklaşım olarak doğan bulanık mantık, zamanla pek çok alanda uygulanmıştır. Bu uygulama alanları arasında mühendislik bilimleri, sosyal bilimler, bilgisayar bilimleri, yönetim bilimleri, tıp, meteoroloji ve psikoloji sayılabilir. Su temini sistemlerinin planlanması [Slowinski, 1986], kirlilik yüklerinin tahmini [Baffaut and Chameau, 1990], bölgesel tehlikeli atık arıtım tesisi yerleşim planının yapılması [Koo et al., 1991], arazi kullanım planlaması [Xiang et al., 1992], dere havzasında su kalitesi yönetimi planlaması [Julien, 1994], katı atık yönetimi problemi [Chang and Wang, 1995, 1997], baraj havzasında optimal arazi planlaması [Chang et al., 1995], yeraltı su seviyesindeki değişimin modellenmesi [Yurtcu vd., 2006], betonarme gökdelenlerin rüzgar etkisi karşısındaki davranışının kontrol

edilmesi [Aldawod et al., 2001] gibi alanda yapılmış çalışmalar örnek olarak gösterilebilir.

3.3.4. Çok Amaçlı Karar Verme Problemlerine Bulanık Mantık Uygulaması

Bulanık mantık çok amaçlı karar verme problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır. Hava kirliliği, su kaynakları, su kalitesi, tehlikeli atık, katı atık yönetimi ve arazi kullanımı planlaması gibi alanlar bulanık mantığın kullanıldığı alanlara örnek olarak sıralanabilir.

Bu teknikte, amaçlara ait üyelik fonksiyonları yazılarak tüm üyelik fonksiyonlarının, başka bir ifadeyle amaçların memnuniyet (tatmin) derecesini en üst düzeye çıkaracak uzlaşmacı bir çözüm bulmak amaçlanmaktadır.

Amaçların üyelik fonksiyonlarının oluşturulmasına yönelik yöntemlerden biri "ödemeler matrisi" olarak adlandırılan yöntemdir. Bu yöntemde; her bir amacın, verilen kısıtlar altında bireysel olarak optimum bir noktaya sahip olduğu kabul edilir. Eşitlik 3.1 ile verilen v tane amaca ait optimal noktalar sırasıyla $x^1, x^2, \ldots, x^v$ olsun. Bu durumda v tane Ej() amacı için $v \times v$ boyutunda bir ödemeler matrisi oluşturulur. Tablo 3.1 ile verilen ödemeler matrisinden görüleceği gibi matrisin köşegenindeki elemanlar amaçların aldığı optimal değerleri, her bir sütunun en küçük değeri ise amaçların $x^1, x^2, \ldots, x^v$ çözümleri içerisinde aldığı en kötü değerleri vermektedir.

Bu durumda maksimum yapılmak istenen dolayısıyla en büyük değerinde 1 üyelik değerini ve en kötü değerinde 0 üyelik değerini alacak olan amaç fonksiyonları için E_i^+ ve E_i^- değerleri,

$$E_i^+ = minE_i(x) \tag{3.9}$$

$$E_i^- = E_i^* \tag{3.10}$$

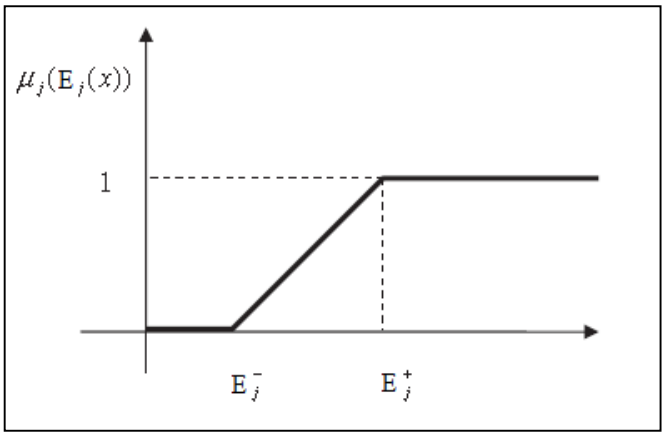
olarak belirlenerek üyelik fonksiyonları elde edilecektir [Lai and Hwang, 1996]. Maksimum yapılmak istenen *Ej* amacı için üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\mu_j\left(E_j(x)\right) = \begin{cases} 1\,, E_j(x) \leq E_j^- \\ \dfrac{E_j^+ - E_j(x)}{E_j^+ - E_j^-}, \quad E_j^- \leq E_j(x) \leq E_j^+ \\ 0\,, E_j(x) \geq E_j^+ \end{cases} \tag{3.11}$$

burada; $E_j^+ \neq E_j^-$ ve $j = k+1,...J$ dir. Eğer; $E_j^+ = E_j^-$ ise $\mu_j(E_j(x)) = 1$ şeklindedir. [E_j^- E_j^+] aralığında monoton artan *Ej* lineer üyelik fonksiyonu Şekil 3.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1: Ödemeler matrisi.

	$E_1(x)$	$E_2(x)$	$\cdots$	$E_v(x)$	x
max $E_1(x)$	E_1^*	$E_2(x^1)$	$\cdots$	$E_v(x^1)$	x^1
max $E_2(x)$	$E_1(x^2)$	E_2^*	$\cdots$	$E_v(x^2)$	x^2
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$
max $E_v(x)$	$E_1(x^K)$	$E_2(x^K)$	$\cdots$	E_v^*	x^v
	E_1'	E_2'	$\cdots$	E_v'	

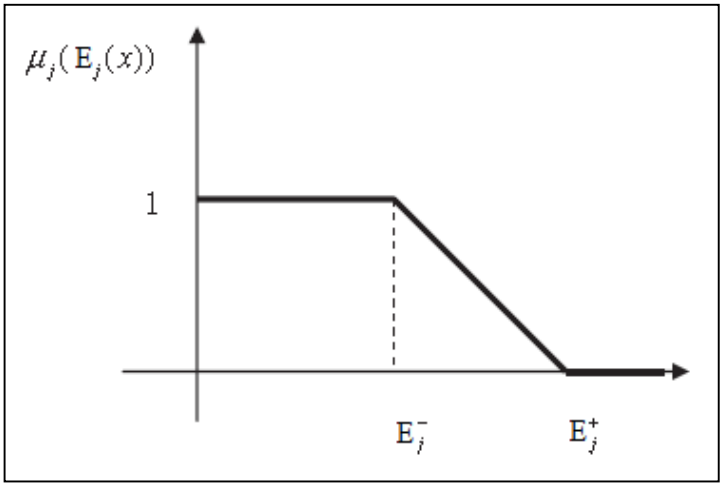


Şekil 3.4: Monoton artan *Ej* üyelik fonksiyonu.

Benzer şekilde minimum yapılmak istenen *Ej* amacı için üyelik fonksiyonu ve grafiği şu şekildedir.

$$\mu_j\left(E_j(x)\right) = \begin{cases} 1\,, E_j(x) \leq E_j^- \\ \dfrac{E_j(x) - E_j^-}{E_j^+ - E_j^-}, \;\; E_j^- \leq E_j(x) \leq E_j^+ \\ 0\,, E_j(x) \geq E_j^+ \end{cases} \tag{3.12}$$

Burada; $E_j^+ \neq E_j^-$ ve $j = 1, 2, \ldots k$; dir. Eğer; $E_j^+ = E_j^-$ ise $\mu_j(E_j(x)) = 1$ şeklindedir. [E_j^- E_j^+] aralığında monoton azalan *Ej* lineer üyelik fonksiyonu Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5: Monoton azalan *Ej* lineer üyelik fonksiyonu.

Amaçların üyelik fonksiyonlarının oluşturulmasına yönelik yöntemlerden diğeri ise her bir amacın bireysel maksimum ve minimum olduğu noktalar aracılığıyla oluşturulmasıdır. Maksimum yapıdaki *Ej*(*x*) amaç fonksiyonu için ilgili değerler aşağıdaki gibi belirlenir.

$$E_i^+ = minE_i(x) \tag{3.13}$$

$$E_i^- = maxE_i(x) \tag{3.14}$$

Herhangi bir yöntemle tüm amaçların üyelik fonksiyonları oluşturulduktan sonra, Zimmermann'ın minimum operatörü kullanılarak çok amaçlı karar verme problemi:

$$max_x \, min_j \mu_j(E_j(x) \tag{3.15}$$

şeklinde yazılabilir. x ϵ X_{MI} dir. $\lambda = \min\{\mu_1, \mu_2\}$ yardımcı değişkeni kullanılarak, (3.15) problemine eşdeğer olan lineer programlama problemi max λ;

$$\mu_j(E_j(x) \geq \lambda \tag{3.16}$$

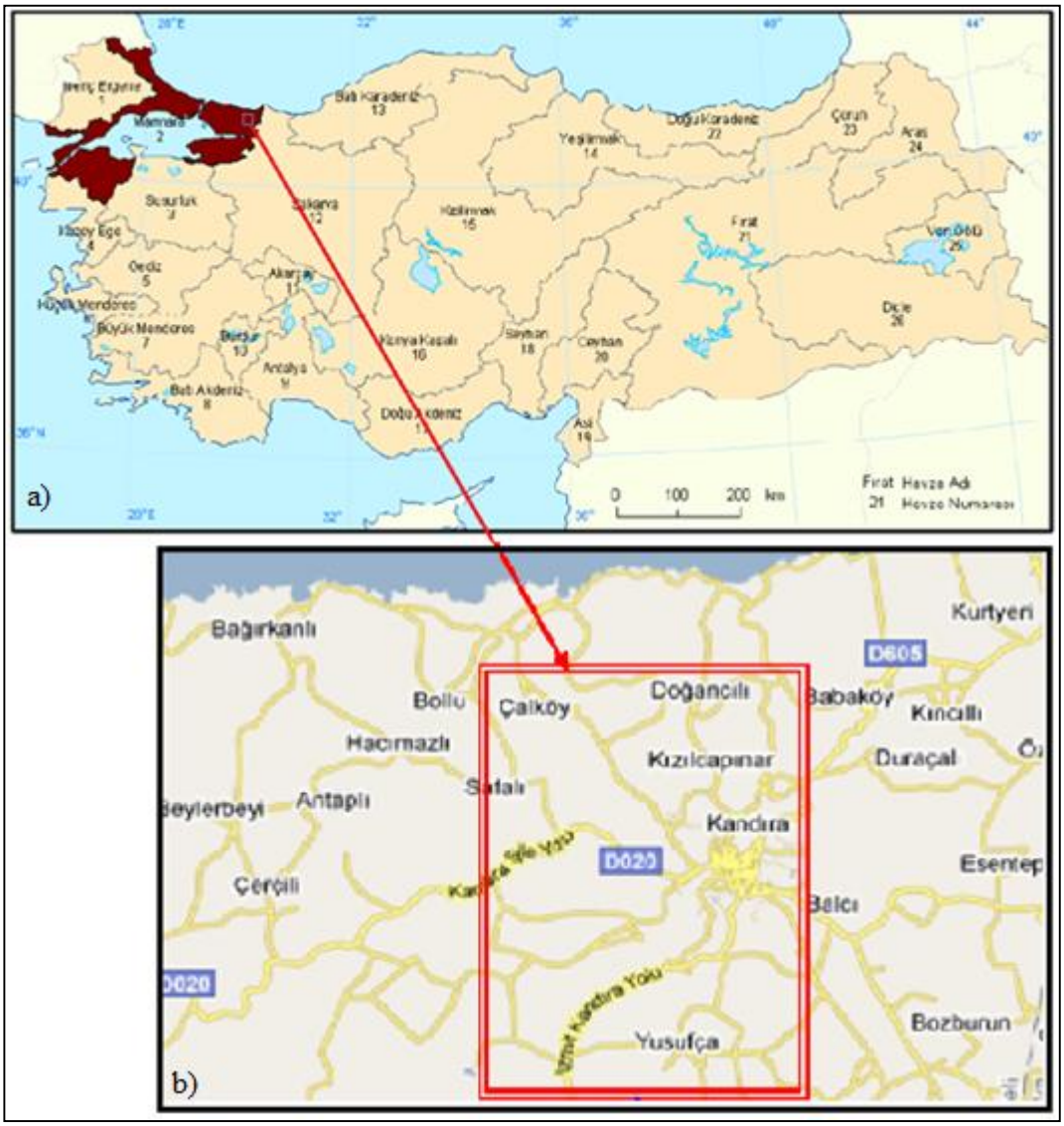
şeklinde ifade edilir. Burada j=1,…,J; x ϵ X_{MI} ve $0 \leq \lambda \leq 1$, dir. Eşitlik (3.16) problemi, tüm amaçların en düşük tatmin seviyesi olan λ 'nın maksimize edilmesi olarak yorumlanır.

4. NAMAZGAH BARAJ HAVZASI UYGULAMA ÖRNEĞİ

4.1. Havza Özellikleri

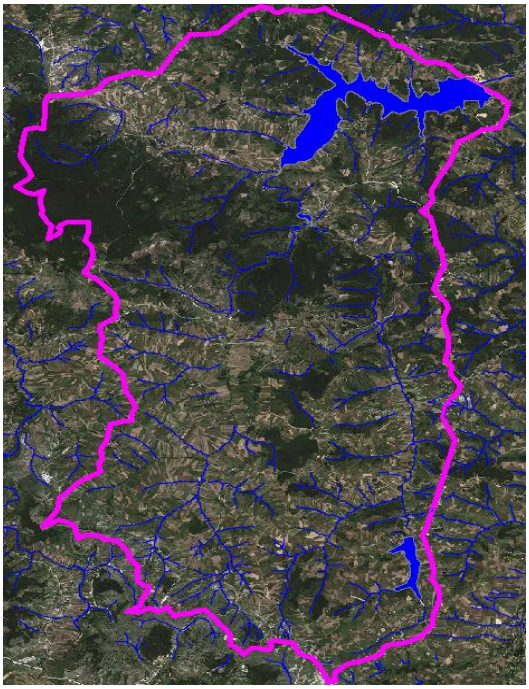
4.1.1. Havzanın Konumu ve Nüfus

Çalışma alanı olarak seçilen havza, Türkiye'nin 26 büyük havzasından biri olan Marmara havzası sınırları içerisinde yer alan Namazgah Baraj havzasıdır. Havzanın yer bulduru haritası Şekil 4.1'de yer almaktadır.



Şekil 4.1: a) Marmara Havzası içindeki konumu, b)Kandıra İlçesi içindeki konumu.

Kocaeli İli, Kandıra İlçesi sınırları içerisinde yer alan, 100.8 km² alanı olan havzanın sınırlarının ve baraj gölünün uydu fotoğrafı üzerine işlenmiş hali Şekil 4.2'de ve havzadan bir görünüş ise Şekil 4.3'de yer almaktadır.



Şekil 4.2: Havza sınırları ve baraj gölü.

Şekil 4.3: Havzadan görünüş.

Goncaaydın, Kocakaymaz, Üğümce, Şerefsungur, Karadivan, Sepetçi, Hüdaverdiler, Beyce, Eğercili, Balaban, Hacılar, Hediyeli, Kabaağaç, Çakırcaali,

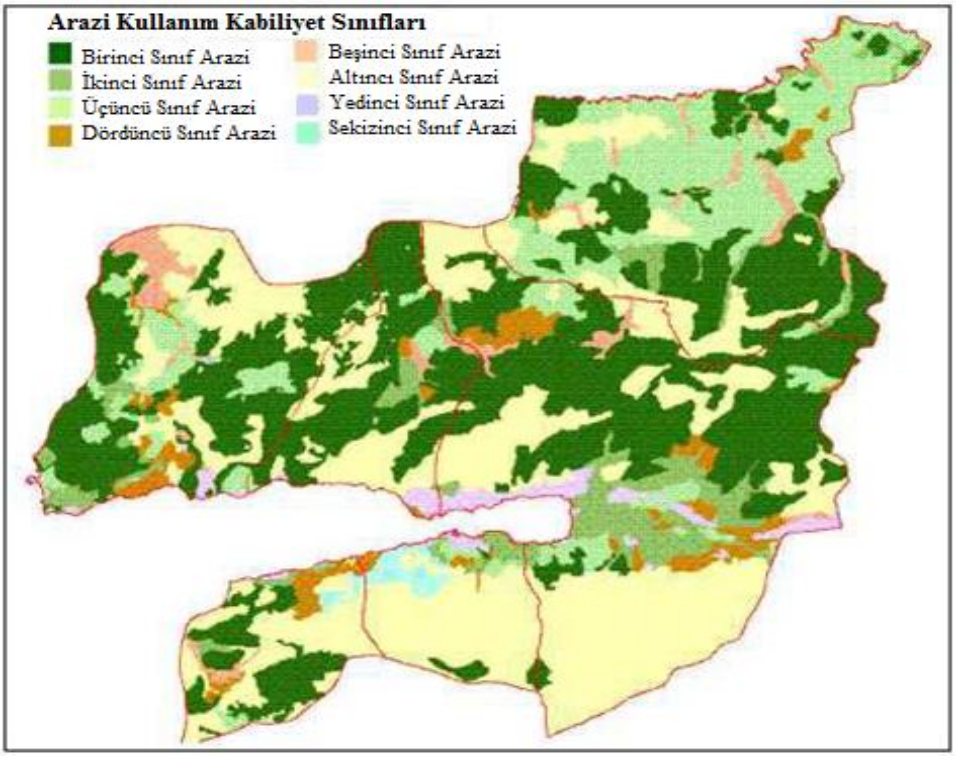
Kırkarmut, Topluca, Sarnıçlar, Dalca, Sarışeyh ve Hacışeyh köyleri kısmen ya da tamamen havza sınırları içerisinde yer almaktadır. Yapılan incelemede, 20 adet köyün 48 mahallesinin ve yaklaşık 1160 hanesinin havza sınırları içerisinde kaldığı belirlenmiştir.

4.1.2. Arazi Kullanım Sınıfları

Ana madde, iklim, topografya, bitki örtüsü ve zamanın etkisi ile çeşitli büyük toprak grupları oluşmuştur. Büyük toprak gruplarının yanı sıra toprak örtüsünden ve profil gelişmesinden yoksun bazı arazi tipleri de görülmektedir. Toprakların kullanma kabiliyet sınıfları 8 adet olup, toprak verimlilik durumu ve sınıflandırmaları I. sınıftan VIII. sınıfa doğru giderek azalmaktadır. I. bölge, her türlü bitkiyi yetiştirmeğe elverişli, meyilleri düz, iyi drene olmuş, kolay işlenebilir, derin ve verimli arazilerdir. II. bölge, her çeşit bitki yetiştiriminde birinci sınıftan daha az elverişlidir. Toprak ve su muhafazasına ait özel tedbirler almak gerekir. III. bölgede toprak, topografya ve yüzey akıma ait şiddetli tahdit faktörlerine sahiptir. Ekilen mahsul çeşidi ilk iki sınıfa nazaran daha azdır. Özel muhafaza tedbirlerine ihtiyaç gösterir. IV. bölgede toprak derinliği, taşlılık, yaşlık ve meyil yönünden çok şiddetli tahditlere sahiptir. Özel birkaç bitki cinsi için uygun sürümle tarım yapılabilir. Kullanılmaları çok dikkat ister. V. bölge, sürümle tarım yapılamayan, düz-düze yakın, meyilli, taşlı veya çok yaş arazilerdir. Genellikle çayır veya ağaçlık olarak faydalanılır. VI. bölge, meyil, toprak sığlığı gibi aşırı tahditlere sahiptir. Sürüm yapılamaz. Çoğunlukla mera veya ağaçlık saha olarak kullanılabilecek arazilerdir. VII. bölge toprak sığlığı, taş, kaya, meyil, erozyon gibi çok şiddetli tahdit faktörlerine sahiptir. Tarımsal yönden ekonomik değildir. Ancak, zayıf mera veya orman ağaçları dikimi için müsaittirler. VIII. bölge bitkisel ürün getirmeyen arazilerdir. Eğlence sahası veya av hayvanları barınağı olarak değerlendirilebilir.

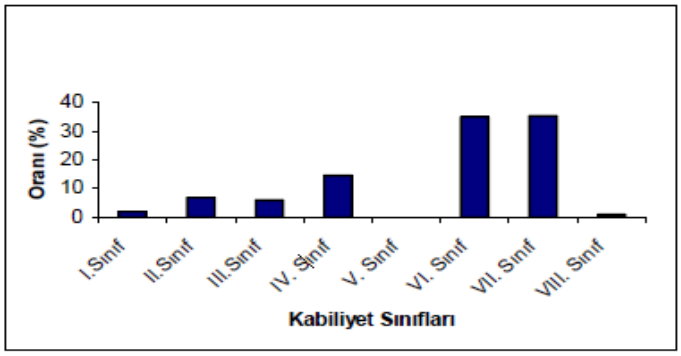
Yukarıda verilen arazi kullanım kabiliyetlerinden I – II – III ve IV. sınıf araziler toprak işlemeli tarıma elverişli arazilerdir. V – VI – VII. sınıf araziler ise toprak işlemeli tarıma elverişsiz arazilerdir. VIII. sınıf araziler ise tarıma elverişsiz arazilerdir.

Kocaeli İli için hazırlanan arazi kabiliyet sınıfları haritası Şekil 4.4'te kabiliyet sınıflarının oranları Şekil 4.5'te yer almaktadır [ÇŞB, 2010].



Şekil 4.4: Kocaeli ili arazi kullanım kabiliyet sınıfları.

Şekil 4.5 incelendiğinde, arazi varlığının büyük çoğunluğunun mera, ağaçlık saha ve orman ağaçları dikimi için uygun arazi sınıfı olan VI. ve VII. sınıf olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.5: Kabiliyet sınıfı oranları.

Kocaeli İli, arazi kabiliyet sınıflarının ilçelere göre dağılımının gösterildiği Tablo 4.1 incelendiğinde [ÇŞB, 2010], çalışma alanı olarak seçilen havzanın içinde yer aldığı Kandıra ilçesinde, arazinin büyük çoğunluğunun IV. ve VI. sınıf olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, havzanın tarım için çok da elverişli topraklara sahip

olmadığının göstergesidir. Bu sebeple tarım yapılacak arazilerin, ürün cinsinin iyi tespit edilmesi gerekmektedir.

Tablo 4.1: Arazi kabiliyet sınıflarının ilçelere göre dağılımı.

İlçeler	I. (ha)	II. (ha)	III. (ha)	IV. (ha)	V. (ha)	VI. (ha)	VII. (ha)	VII. (ha)	Toplam İlçe Alanı
Merkez	1304	9949	7088	3950	-	34059	39841	1209	97400
Derince	330	1872	1672	1299	-	8430	8540	157	22300
Gebze	1163	2472	4897	5888	-	26743	19076	161	60400
Gölcük	179	1486	185	1155	-	262	16280	380	19927
Kandıra	2914	3832	3456	36127	-	31823	14543	614	93309
K.Mürsel	87	1920	1029	125	-	8505	13829	305	25800
Körfez	500	2171	2410	2282	-	12595	11358	84	31400
Toplam	6477	23702	20737	50826	-	122417	123467	2910	350536

4.1.3. Başlıca Geçim Kaynakları: Tarım ve Hayvancılık

Havzada tespit edilen başlıca geçim kaynakları, tarım ve hayvancılıktır. Kocaeli ili arazisinin kullanım durumlarına göre dağılımının gösterildiği Tablo 4.2 incelendiğinde [OSİ, 2012]; havzanın yer aldığı Kandıra İlçesinin arazi varlığının yarısından fazlasının tarım arazisi olduğu, ikinci sırada ise orman ve fundalık alanların yer aldığı anlaşılmaktadır.

Gıda, Tarım ve Hayvancılık İlçe Müdürlüğü'nden Kandıra İlçesine ait tarla bitkileri, sebze ve meyve ekimi ile ilgili 2012 yılı tahmini ekili alanı ve ürün miktarları temin edilmiştir. İlçe Müdürlüğü'nden temin edilen veriler ilçe geneli ile ilgili olduğundan, havza sınırı içinde ekilen başlıca ürünleri tespit etmek amacıyla, ilgili köy muhtarları ile mülakatlar yapılmış ve köylerde yapılan tarım ve hayvancılıkla ilgili genel bilgilere ulaşılmıştır.

Havzada ekilen başlıca ürünler; buğday-arpa, fındık ve mısırdır. Bu ürünlerin yanı sıra çiftçilerin kendi ihtiyaçlarını karşılamak ve fazlasını da köylü pazarlarında satmak için yetiştirdiği sebze-meyveler (ceviz-karpuz-lahana-armut vs.) ve hayvanlarının yem ihtiyacını karşılama amacıyla ve genellikle tarladaki asıl ürün kaldırıldıktan sonra ikinci ürün olarak ekilen yem bitkileri (silajlık mısır-yulaf) yer almaktadır. Havza genelinde genellikle kuru tarım yapıldığı için ürün verimi istenen miktarda olmamaktadır.

Tablo 4. 2: Kocaeli İli arazisinin kullanım durumlarına göre dağılımı.

İlçeler	**Toplam alan (ha)**	**Tarım alanı (ha)**	**Orman ve fundalık (ha)**	**Çayır ve mera alanı (ha)**	**Tarım dışı arazi (ha)**
Başiskele	21.527	5.905	10.234	1.647	3.741
Çayırova	2.902	0	264	6	2.632
Darıca	2.409	26	0	0	2.383
Derince	19.559	6.051	11.196	439	1.873
Dilovası	13.317	371	7.892	0	5.054
Gebze	42.274	8.433	18.515	69	15.257
Gölcük	22.778	916	13.063	14	8.785
İzmit	48.436	12.841	13.409	3.643	18.543
Kandıra	85.472	43.287	27.310	3.899	10.976
Karamürsel	25.443	10.757	11.084	56	3.546
Kartepe	26.909	10.048	12.300	2.024	2.537
Körfez	30.821	5.921	22.162	62	2.676
Toplam	**341.847**	**104.556**	**147.429**	**11.859**	**78.003**

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Köye Hizmet Şube Müdürlüğü, 2012 yılı kayıtlı işletme sayısı ve hayvan sayısı değerlerinden yararlanılarak havza sınırları içinde kalan köylerdeki toplam büyük baş, küçükbaş ve kümes hayvanı sayıları belirlenmiştir. Ayrıca, büyükbaş hayvancılıktan elde edilecek geliri belirlemek amacıyla yapılacak hesapta kullanılmak üzere, havza sınırları içerisinde kalan köylere ait inek ve sığır sayıları Kocaeli İli Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği'nden temin edilmiştir.

Havza sınırları içerisinde yapılan başlıca hayvancılık, büyükbaş hayvancılıktır. Bazı işletmelerde aynı zamanda küçükbaş hayvancılık da yapılmaktadır. Şekil 4.6'da görüldüğü gibi genellikle evlerin ilk katları ahır olarak kullanılmakta olup, hayvan sayısı arttıkça daha büyük ve ayrı binada olan ahırlar tercih edilmektedir. Aynı zamanda havza geneline yayılmış şekilde 11 adet tavuk çiftliği yer almaktadır. Bu çiftliklerden 9 tanesi havza sınırları içindeki köylerde yaşayan vatandaşlar tarafından işletilmekte olup, daha büyük kapasiteli olan iki tanesi havza dışından firmalara aittir.

Tavuk çiftliği sahipleri ile yapılan görüşmelerde elde edilen gübrelerin tarım alanlarında kullanıldığı belirtilmiş olup, büyük kapasiteli iki tavuk çiftliğinin elde ettikleri gübreleri mantar fabrikalarına sattıkları öğrenilmiştir.

Kocaeli İli Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği verilerine göre havza sınırları içerisinde 2000 adet küçükbaş hayvan, 5500 adet büyükbaş hayvan ve 276500 kapasiteli 11 adet tavuk çiftliği bulunmaktadır.

Şekil 4. 6: Havzada hayvancılık.

4.1.4. Namazgah Baraj Projesi

Kandıra Namazgah Barajı'na ait tüm bilgiler proje için hazırlanan Namazgah Barajı Nihai Çevre Etki Değerlendirme (ÇED) Raporundan temin edilmiştir [ÇŞB, 2011]. Bu bilgiler şu şekilde sıralanabilir:

Kandıra Namazgah Barajı, Kocaeli ili, Kandıra ilçesi sınırları içerisinde, Kandıra ilçesinin kuş uçuşu olarak 4 km güneybatısında, Namazgah Deresi (Kocadere) üzerinde 29.5 m talveg kotunda yer almaktadır.

Kandıra Namazgah Barajının inşa edilme amacı, Kandıra ilçe ve köylerinin içme ve kullanma suyu ihtiyacının karşılanmasıdır. Proje kapsamında yapımı önerilen Namazgah Barajı'nın havza alanı 100.8 km², aktif depolama hacmi 21.8 hm^3 (maksimum su kotunda depolama hacmi: 24.43 hm^3) ve talvegden yüksekliği 32 m olacak şekilde projelendirilmiştir. Barajın kurulması ile birlikte minimum su seviyesinde 0.6 km^2, maksimum su seviyesinde ise 2.8 km^2 göl alanı oluşacaktır.

Yıllık ortalama yağış miktarı 48.89 hm³/yıl ve maksimum su yüksekliği 60 metredir. Barajla ilgili proje karakteristikleri Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4. 3: Namazgah Barajı proje karakteristikleri.

Tesis Yeri	**Kocadere (Namazgah Deresi)**
Amacı	İçme Suyu
Yağış Alanı	100.8 km^2
Yıllık Ortalama Akım	48,898 hm^3/yıl
Taşkın Su Seviyesi	60,42 m
Maksimum Su Seviyesi	60,00 m
Minimum Su Seviyesi	46,00 m
Minimum Depolama Hacmi	2,63 hm^3
Toplam Depolama Hacmi	24,43 hm^3
Aktif Depolama Hacmi	21.80 hm^3
Göl Alanı (Minimum su seviyesinde)	0,606 km^2
Göl Alanı (Maksimum su seviyesinde)	2,843 km^2
Göl Alanı (Taşkın su seviyesinde)	2,918 km^2
Maksimum Aylık Çekilen Debi	3,551 hm^3

4.1.5. Namazgah Deresi Su Kalite Sınıfı

Namazgah Deresi su kaynaklarının su kalitesinin tespitine yönelik 2008 -2009 yıllarında alınan su numunelerine ait fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik analizler Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, İSU Genel Müdürlüğü tarafından yaptırılmıştır. Ölçülen parametrelerin, İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik [ResGaz, 1] ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine [ResGaz, 2] göre değerlendirmeleri ÇED Raporundan alınmıştır.

Namazgah Deresinin su kalitesi, pH, iletkenlik, sülfat, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), florür, nitrat azotu, amonyum azotu, siyanür, klorür, baryum, bor, mangan, kadmiyum, çinko, krom, bakır parametrelerine göre, İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik için belirlenen değerlendirmede A1 kalite sınıfında yer almaktadır.

İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmeliğine göre; amonyak ve toplam koliform parametrelerinde A2 kalite sınıfında, yüzey aktif maddeler parametresinde A3 kalite sınıfında yer almaktadır.

pH, sülfat, KOİ, nitrit azotu, florür, sülfür, nitrat azotu, siyanür, klorür, kobalt, baryum, bor, sodyum, kadmiyum, demir, nikel, çinko, krom, alüminyum parametrelerinde su kalitesi, Kıta İçi Su Kaynaklarının sınıflandırılmasına göre ise I. Sınıftır.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Kıta İçi Su Kaynaklarının sınıflandırılmasında, toplam koliform, mangan ve bakır parametrelerine göre su kalitesi II. Sınıf, toplam fosfor, kurşun ve amonyum azotu parametrelerine göre su kalitesi, IV. Sınıftır.

Namazgah Deresi genel olarak yumuşak suyla sert su arası özellik göstermektedir. Bulanıklık parametresinde en yüksek değer olarak 21,3 NTU gözlemlenmiştir. Ancak diğer dönemlerde alınan numunelerde sonuçların düşük çıkmış olması, bu numunenin de kış döneminde alınmasından dolayı yağmur veya kar sularının sonucu etkilediği kanısına varılmıştır.

Namazgah Barajı Nihai ÇED raporuna göre; baraj işletmeye alındıktan sonra memba kısmında 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde yer alan Su Kalitesine İlişkin Planlama Esasları ve Yasaklarına uyulacak ve memba kısmındaki dere yatağına atık suların drenajına izin verilmeyecektir.

4.2. Havzanın Matematiksel Açıdan Tanımlanması

4.2.1. Oyuncuların Belirlenmesi

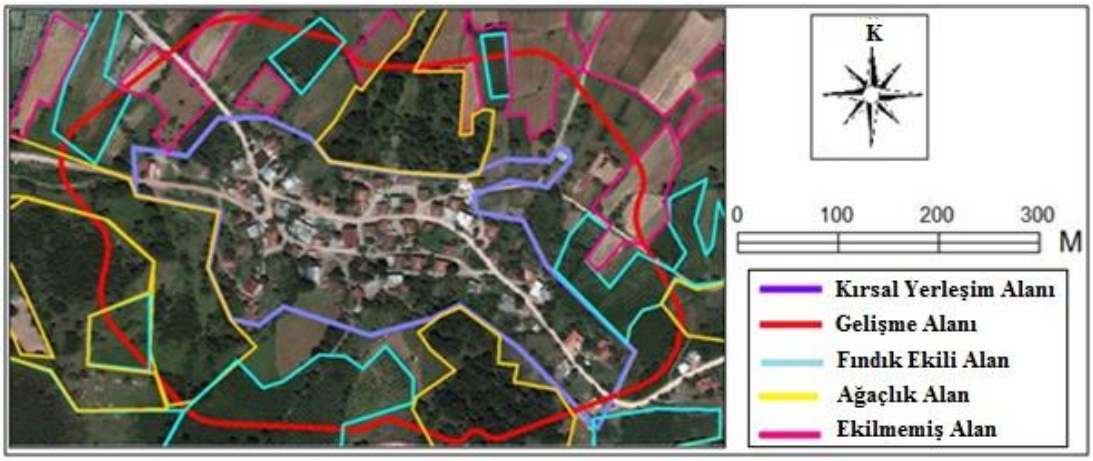
Havza yönetimi, pek çok paydaşın farklı kaygıları güttüğü bir alandır. Ancak genel kaygılar iki başlık altında toplanabilir. Bunlardan ilki, artan nüfus ve buna bağlı ihtiyaçlar dolayısı ile mevcuttaki arazilerden maksimum oranda yararlanarak yüksek gelir elde etmek, ikincisi ise mevcuttaki doğal kaynakları onları kirletmeden, yok etmeden, gelecek nesillerin de bu kaynaklara ihtiyaç duyacağını göz önünde tutarak çevreyi maksimum ölçüde korumaktır.

Bu sebeple havza yönetimi alanında oyun teorisinin uygulanabilmesi için, birinci oyuncu olarak, havzadaki farklı kullanım durumlarının olumsuz etkilerinden mevcut su kaynaklarını korumayı hedefleyen çevreci oyuncu, ikinci oyuncu olarak

ise, havzadan elde edilebilecek ekonomik getiriyi maksimum yapmayı hedefleyen ekonomist oyuncu seçilmiştir.

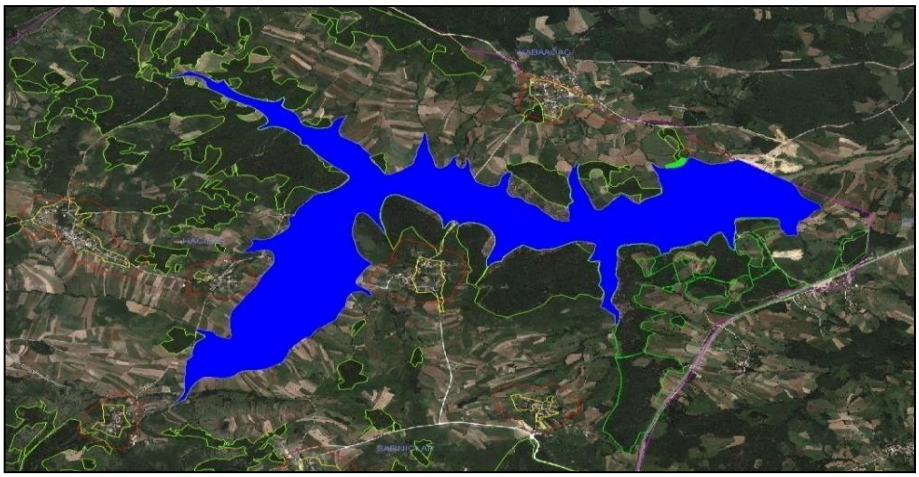
4.2.2. Karar Değişkenlerinin Belirlenmesi

Yerinde yapılan incelemeler, bölgenin halihazır haritası ile hava fotoğrafları üzerinde yapılan çalışmalar ve bölge sakinleri ile yapılan görüşmeler sonucu havzadaki arazi kullanımının kırsal yerleşim, ormanlar ve ağaçlık alanlar, buğday, mısır, fındık, sebze-meyve ekili tarım alanları ve ekilmemiş tarım alanları, baraj alanı ve planlanan sanayi bölgesi olmak üzere başlıca 10 başlık altında toplanabileceği sonucuna varılmıştır. Belirlenen her faklı tipin ne kadar bir alana tekabül ettiğini bulmak için 2012 yılında çekilmiş hava fotoğraflarından yararlanılmıştır. Şekil 4.7'de çalışmadan bir örnek gösterilmiştir. Belirlenen 10 farklı tip; Kırsal yerleşim alanı: X1, ormanlık alan: X2, ağaçlık alan: X3, buğday-arpa ekili alan: X4, fındık ekili alan: X5, mısır ekili alan: X6, sebze-meyve ekili alan: X7, ekilmemiş alan: X8, su kütlesi: X9 ve organize sanayi bölgesi: X10 şeklinde ifade edilmiştir.



Şekil 4.7: Mevcut arazi kullanım durumunun belirlenmesi.

Çalışmanın yapıldığı sırada baraj yapım aşamasında olduğundan, barajla ilgili yüzey alanı (X9) bilgileri projesinden yararlanarak elde edilmiş ve uydu fotoğrafı üzerine işlenmiş olup, Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8: Baraj gölü.

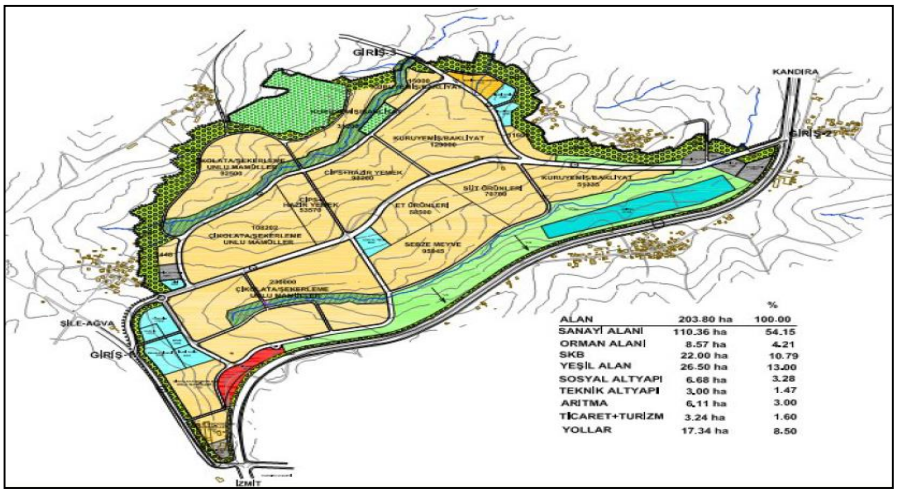
Ormanlık alanlarla (X2) ilgili bilgiler, Kandıra İlçesi Orman İşletme Şefliğinden temin edilmiştir. Alınan bilgilere göre; havza sınırı içinde kalan orman alanı 21.5 km², ağaç serveti 40 m³, ağaç türleri, kayın, meşe ve gürgendir. Şekil 4.9'da havzadan ormanlık bir alanın görüntüsü yer almaktadır.

Şekil 4.9: Havzadan orman görüntüsü.

Hava fotoğraflarından yararlanılarak belirlenen toplam yeşil alan miktarından, 21.5 km² değerindeki ekonomik getirisi olan orman alanı çıkarılarak ekonomik getirisi olmayan ve orman vasfı taşımayan ağaçlık alanın (X3) miktarı hesaplanmıştır.

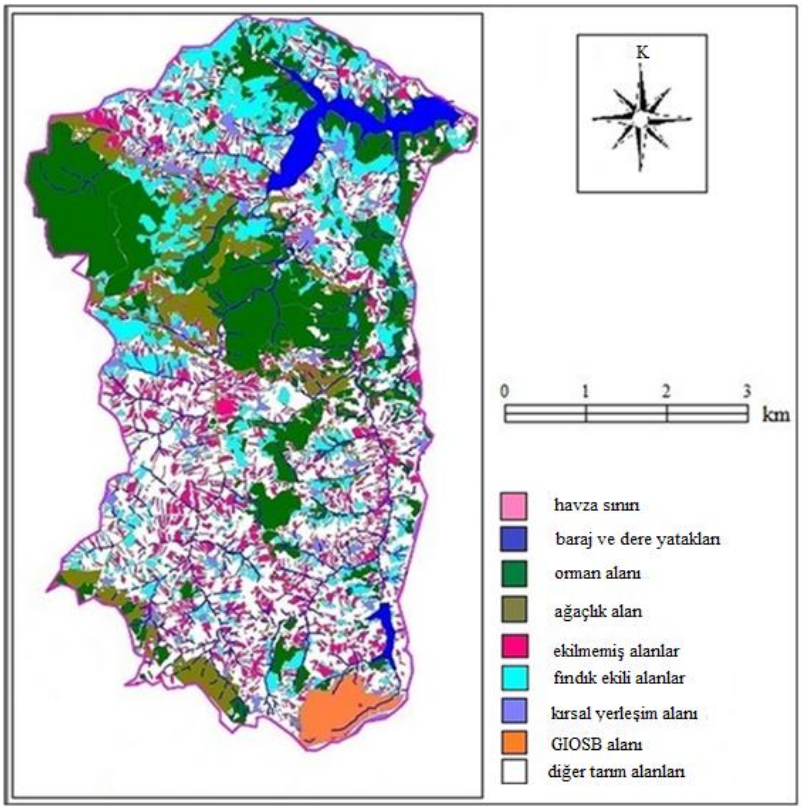
Havzaya yapılması planlanan Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesinin (GİOSB) (X10) alanı ise, ÇED başvuru dosyasından alınmıştır [ÇŞB, 2010]. Planlanan GİOSB, sanayi alanı, orman alanı, yeşil alan, sosyal alt yapı, teknik altyapı, arıtma alanı, ticaret, turizm, yol gibi farklı alanların birleşiminden oluşmuş

olsa da çalışma kapsamında bir bütün olarak değerlendirilmiş ve GİOSB alanı olarak toplam değer dikkate alınmıştır. Alana ait plan, Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

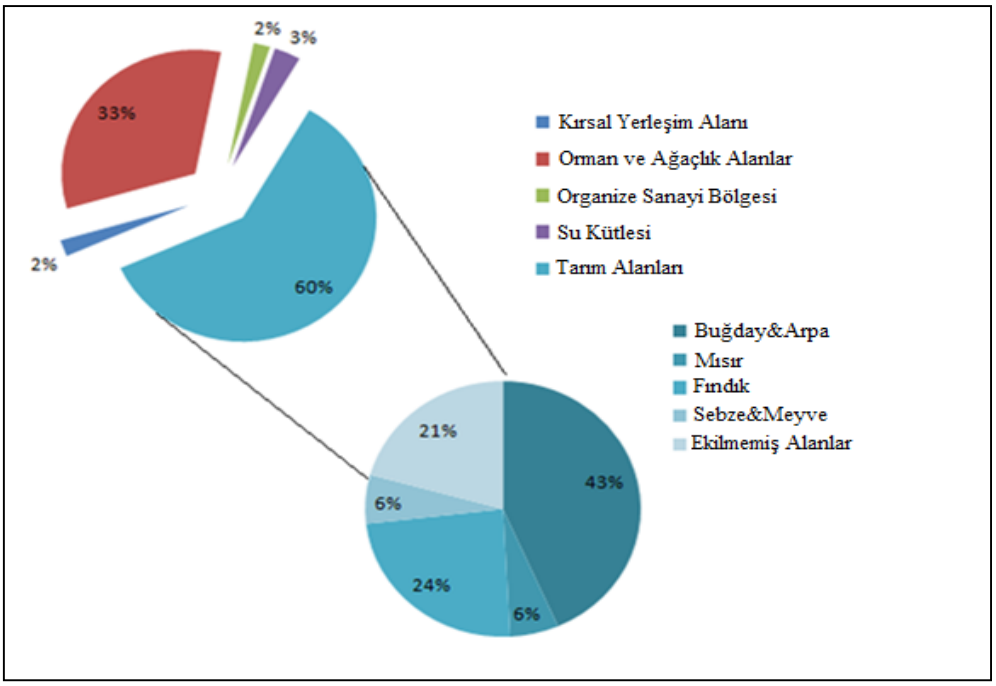


Şekil 4.10: GİOSB alanı planı.

Mevcut arazi kullanım durumu Şekil 4.11'de, yüzde olarak dağılımları Şekil 4.12'de görüldüğü gibidir.



Şekil 4. 11: Mevcut arazi kullanım durumu.



Şekil 4. 12: Mevcut arazi kullanım durumu yüzde dağılımı.

4.2.3. Toplam Fosfor Katsayılarının Belirlenmesi

Oyun teorisinin, havza yönetimi problemine uygulanabilmesi için, arazi kullanım durumlarının çevreye olan olumsuz etkisini temsil edecek bir kirlilik parametresi belirlemek gerekmektedir. Ötrofikasyon, su kalitesi problemlerinin başında geldiği için ve fosfor ötrofikasyonda sınırlayıcı besi maddesi olarak tanımlandığı için, Toplam Fosfor (TP kg/ha.yıl) çevreye olan olumsuz etkiyi ifade edecek parametre olarak seçilmiştir.

Mevcuttaki arazi kullanım durumlarından kaynaklanan yayılı kirlilik yükleri literatürden temin edilen birim yüklerle hesaplanmıştır. Daha sağlıklı sonuçların alınabilmesi için birim yüklerin deneysel çalışmalar sonucu belirlenmesi ve modelleme çalışmaları ile elde edilmesi gerekmektedir.

4.2.3.1. Kırsal Yerleşim ve Orman Alanlarının Toplam Fosfor Katsayısı

Havzadaki kırsal yerleşim alanlarında evsel atıksu alt yapısı henüz tamamlanmadığından, fosseptik tankları halen kullanılmakla beraber, barajla birlikte yapımı devam eden kanalizasyon sistemi tamamlandığında, bu fosseptik tankları

sisteme bağlanacak ve böylelikle fosseptik tankları, yayılı yük kaynağı olmaktan çıkacaktır. Bu sebeple, çalışmada fosseptik tanklarından kaynaklanan TP değerleri dikkate alınmamıştır.

Kırsal yerleşim alanları, orman alanları ve ağaçlık alanlardan kaynaklanan yayılı yük katsayıları Tablo 4.4'de yer almaktadır [Saatçi vd., 1999].

Tablo 4.4: Alıcı su ortamına farklı kaynaklardan gelebilecek N ve P yükleri.

Yayılı Kaynak Tipi	**Birim**	**Ortamala Değerler**
Evsel atıksu	g/kişi/gün	N 3,28 P 0,92
Tarım Alanları	kg/ha.yıl	N 7,96 P 0,11
Orman Alanları	kg/ha.yıl	N 2,41 P 0,05
Kırsal Alanlar	kg/ha.yıl	N 9,50 P 0,90
Yağış	mg/L	N 1,00 P 0,10
Büyükbaş Hayvancılık	kg/hayvan.yıl	N 3,80 P 2,5
Küçükbaş Hayvancılık	kg/hayvan.yıl	N 1,10 P 0,20
Kümes Hayvancılığı	kg/hayvan.yıl	N 0,05 P 0,02

4.2.3.2. Tarım Alanları Toplam Fosfor Katsayısı

Tarım alanlarına uygulanan N ve P miktarının belli bir kısmı, iklim koşullarına, toprağın yapısına, ekilen ürünlere, gübrenin yapısına, uygulama yöntemine ve sıklığına bağlı olarak bitki bünyesine alınmaktadır. Bünyeye alma oranları uygulanan azotun %40-80'i fosforun ise %5-20'i arasında değişmektedir. Daha fazla gübre uygulandığında, ürün bünyesine alma daha verimsiz hale gelmektedir. Sızma ve yüzeysel akış sebebiyle oluşan kayıplar, uygulanan fosforun %0,5–5'i, azotun ise %5-30'u arasındadır [Öztürk vd., 2007a]. Büyük Melen Havzası Entegre Su Yönetimi Master Planı Havza Koruma Eylem Planı Nihai Raporu'ndan [Öztürk vd., 2007a] fosforun %20'sinin bitki bünyesine alındığı, yüzeysel akış ve sızma yoluyla alıcı su ortamına ise %5'inin ulaştığı kabul edilmiştir. Bu çalışmada da aynı oranlar kabul edilmiştir.

Tarım alanlarından kaynaklanan TP değerinin hesaplanmasında mevcut gübre kullanımına göre ve ürünlerin gübre ihtiyacına göre olmak üzere iki farklı yol izlenmiştir.

İlk hesaplama, mevcut gübre kullanım durumu dikkate alınarak yapılmıştır. Havzada hayvansal gübre ve ticari gübre kullanılmaktadır. Hayvansal gübreden kaynaklanan TP katsayısı, havzadaki büyükbaş ve küçükbaş hayvan sayıları ve tavuk çiftliklerinin kapasiteleri ve farklı hayvan kategorilerinden kaynaklanan birim besi maddesi yüklerinden [Öztürk vd., 2007b] yararlanılarak hesaplanmıştır. Hayvancılıktan kaynaklanan yayılı yük hesabı Tablo 4.5'te yer almaktadır. Havzadaki mevcut tavuk çiftliklerinden iki tanesi elde ettikleri gübreyi tarımda kullanmadıklarını, mantar fabrikasına sattıklarını beyan ettiklerinden hesaplamalarda bu iki çiftlik dikkate alınmamıştır.

Tablo 4.5: Hayvancılıktan kaynaklanan yayılı yük hesabı.

Hayvan Cinsi	**Sayı**	**TP**	**T P**
	Adet	**kg/hayvan.yıl**	**kg/yıl**
Büyükbaş hayvan	5500	18	99000
Küçükbaş hayvan	2000	1	2000
Kümes hayvanı	772500	0.2	154500
Toplam			**255500**

Ticari gübreden kaynaklanan TP değeri, Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğünden elde edilen, Kandıra ilçesinde satılan ticari gübre miktarı ve ekilen alan değerleriyle, havzada ekilen alan değeri oranlanarak hesaplanmış olup Tablo 4.6'da gösterilmiştir.

Tablo 4.7'de, hesaplanan gübrenin, ürünlerin ihtiyacı oranında kullanılacağı varsayımı ile, havzada ekilen ürünlerin gübre ihtiyaçları ve ekilme alanları ile oranlama yapılarak buğday, fındık, mısır ve sebze-meyve ekili alanlar için belirlenen TP değerleri gösterilmiştir.

İkinci yöntem olarak, gübre kullanımı konusunda çiftçilerin bilinçlendirildiği, gerekli denetimlerin yapıldığı ve sadece ürünlerin ihtiyacına göre gübre kullanıldığında sonuçların nasıl çıkacağını belirleyebilmek için havzada ekilen

ürünlerin yıllık hektar başına ihtiyaç duydukları P_2O_5 değerleri [Kacar and Katkat, 1997] kullanılarak TP katsayısı hesaplanmıştır.

Tablo 4.6: Kandıra İlçesi verilerine göre yayılı yük hesabı.

Gübre Cinsi	**Miktar Ton/yıl**	**(P_2O_5) içeriği kütlece**	**(P_2O_5) kg/yıl**
TSP	12.35	0.43	5310.5
DAP	112.1	0.46	51566
Kompoze 20.20.20	1496	0.2	299200
NPK	598	0.15	89700
Toplam (P_2O_5) kg/yıl			445776.5
Kandıra'da Gübrelenen Alan ha			39290
Havzada Gübrelenen Alan			4801.00
Kandıra P kg/yıl			194392
Havza için Ticari TP kg/yıl			23753.53

Tablo 4.7: Ürünlerin gübre ihtiyaçları.

Tür	**P_2O_5 kg/da**	**P kg/da**	**Katsayı kg/ha.yıl**	**Oranlama sonrası katsayılar**
Domates	10	4.39	2.20	-
T.Fasulye	5	2.20	1.10	-
Marul	5	2.20	1.10	-
Ispanak	7.5	3.29	1.65	-
Karpuz	9	3.95	1.98	-
Ayçiçeği	7.5	3.29	1.65	-
Elma	9	3.95	1.98	-
Kiraz	6	2.63	1.32	-
Buğday	8	3.51	1.76	3.14
Mısır	9	3.95	1.98	3.53
Fındık	6	2.63	1.32	2.35
Sebze Meyve Ortalama			1.62	2.89

Ekilmeyen tarım alanları zamanla yağmurun da etkisiyle yeşereceğinden çayır mera kategorisinde değerlendirilerek TP katsayısı 0.1 kg/ha.yıl olarak belirlenmiştir [İSKİ, 1993].

4.2.3.3. GİOSB ve Göl Alanı Toplam Fosfor Katsayısı

Havza içine kurulması planlanan GİOSB için hazırlanan ÇED Raporunda tesislerden kaynaklanacak atıksular ile personelden kaynaklanacak evsel nitelikli atıksuların arıtılması için GİOSB bünyesinde ortak atıksu arıtma tesisi inşaa edileceği, yağmur suyu hatları, atıksu kanalizasyon hatlarından bağımsız olarak döşeneceği ve ayrık sisteme göre deşarj edileceği belirtilmektedir.

GİOSB bünyesinde çalışacak personel nedeniyle oluşacak evsel nitelikli atıksuların, ortak atıksu arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra, Elmacık Deresi'ne deşarj edileceği, bölgede kanalizasyon hattının oluşturulmasının ardından söz konusu atıksuların kanalizasyon hattına deşarj edileceği ifade edilmektedir.

GİOSB bünyesinde yer alacak olan tesisler sektörlerine göre sınıflandırılarak aynı adada birleştirileceği, böylece atıksu karakteristiği nedeniyle ön arıtım gerektiren fabrikalar bir araya toplanarak tesislerin atıksuları ön arıtma sistemlerinden (fiziksel ve kimyasal arıtma) geçirildikten sonra kanalizasyona deşarj edileceği belirtilmektedir.

Ayrıca; tesislerin çatılarından ve yüzeysel akımla toplanan yağmur sularının Kocakaymaz Göleti'ni besleyen Karaçamur ve Necat Dereleri'ne verilmesinin planlandığı belirtilmektedir.

Gıda tesislerinde kapalı binalarda üretim yapılarak ve hammadde girişlerinin bulunduğu bölgelerin temizlenmesi sırasında oluşacak atıksular kanalizasyon sistemine yönlendirilerek, yüzeysel akış sırasında yağmursularının kirlenmemesinin hedeflendiği belirtilmektedir. Bununla birlikte, yağmur suyunun bünyesinde bulunabilecek katı partiküllerin tutulması amacıyla suyun, ızgaradan geçirildikten sonra gerekirse çöktürme havuzuna alınacağı ve akabinde derelere deşarjının sağlanacağı ifade edilmektedir. Bütün bu bilgiler dikkate alınarak, GİOSB alanında noktasal ve yayılı kirlilik kaynağı oluşturmamak için gerekli tedbirlerin alınacağı kabulü ile bu bölgeden kaynaklanan TP ihmal edilmiştir.

Baraj göl alanın toplam fosfor etkisi ihmal edilmiştir.

4.2.4. Ekonomik Getiri Değerlerinin Belirlenmesi

4.2.4.1. Kırsal Yerleşim Alanı Ekonomik Getirisi

Kırsal Yerleşim Alanından sağlanacak ekonomik getiriyi belirlemek için, geçim kaynağı olarak, tarımdan sonra ikinci sırada gelen hayvancılık dikkate alınmıştır. Bu kapsamda, büyükbaş hayvancılık, küçükbaş hayvancılık ve tavuk çiftlikleri için hesaplama yapılmıştır. Yapılan görüşmeler neticesinde, iki adet tavuk çitliğinin, köy halkı tarafında işletilmediği tespit edildiğinden, bu iki çiftliğin TP hesabında olduğu gibi, ekonomik getiri hesabında da dikkate alınmaması uygun bulunmuştur. Hesaplama üç başlık altında yapılmıştır.

Büyükbaş Hayvancılık: Türkiye'de süt sığırcılığı konusunda faaliyet gösteren çok sayıda işletme bulunmaktadır. Türkiye'de bulunan süt sığırcılık işletmelerinin çoğunluğunu oluşturan küçük ölçekli işletmelerde süt üretiminin büyük bölümü, aile içi tüketim ihtiyacının karşılanmasında kullanılmaktadır [Murat, 2011]. Türkiye'deki süt sığırcılığı işletmelerinin ölçekler itibariyle bölgelere göre dağılımı sunulmuştur [Kuyululu, 2009].

Tablo 4.8 incelendiğinde havzamızın da içinde bulunduğu Marmara Bölgesinin işletme toplamının % 56.5'inin sığır sayısının 5 başın altında olduğu, % 86.1'inin 10 başın altında olduğu anlaşılmaktadır. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Köye Hizmet Şube Müdürlüğünden temin edilen kayıtlı işletmelere ait veriler incelendiğinde, havza içindeki işletme toplamının yaklaşık % 75'inin 10 başın altında olduğu anlaşılmıştır. Bu da, aile tipi geleneksel işletmeciliğin ne kadar yaygın şekilde yapıldığını göstermektedir. Bu tür işletmelerde, girdi ve çıktılara ait kayıtlara ulaşılamamaktadır. Bu durum üretim faaliyetlerinin sonuçları hakkında sağlıklı bilgilere ulaşmayı zorlaştırmaktadır.

Bu sebeple, yapılan çalışmada ekonomik getiriyi belirlemek amacıyla, daha önce farklı bölgelerde yapılmış çalışmalardan yararlanma yoluna gidilmiştir. Bu kapsamda; Aydın, Denizli, Konya ve Niğde illerindeki süt sığırcılığı üzerine yapılan doktora tezi çalışmasından [Murat, 2011]; Afyon ili, süt sığırcılığı üzerine yapılan yüksek lisans tezinden [Tandoğan, 2006] ve Bafra ilçesinde süt maliyetinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmadan [Gündüz ve Dağdeviren, 2011] yararlanılmıştır. Söz konusu çalışmalardan elde edilen, farklı yıllarda hesaplanmış bir

litre süte ait maliyet değerleri, 2012 yılı değerine güncellenmiş ve ortalaması alınarak 1 litre sütün maliyeti belirlenmiş olup yapılan hesap Tablo 4.9'da gösterilmiştir.

Tablo 4.8: Süt sığırcılığı işletmelerinin ölçekler itibariyle bölgelere dağılımı.

Bölge	**İşletme Payı (%)**	**Ortalama Sürü Büyüklüğü**	**1-4**	**5-9**	**10-19**	**20-29**	**≥50**
Türkiye	100	5,7	59,7	25,6	11,2	3,2	0,3
Orta Kuzey	12,3	6,3	55,4	29,4	11,1	3,5	0,5
Ege	15,1	5,5	61,6	25,7	9,2	3,0	0,5
Marmara	8,1	5,9	56,5	29,6	10,7	2,7	0,5
Akdeniz	9,0	3,8	79,7	15,4	3,7	1,0	0,2
Kuzeydoğu	7,5	10,1	29,2	27,8	29,7	12,9	0,4
Güneydoğu	9,1	5,8	59,2	25,0	12,0	3,4	0,4
Karadeniz	20,2	4,9	63,8	25,8	8,7	1,7	0,0
Ortadoğu	10,9	5,7	56,1	27,0	14,2	2,6	0,0
Orta Güney	7,8	4,8	23,1	23,1	8,0	1,2	0,2

Tablo 4.9: Farklı illerdeki bir litre sütün maliyeti

Denizli İli birim süt maliyeti			Niğde İli birim süt maliyeti		
2008	0.62	TL/L	2008	0.39	TL/L
2012	0.79	TL/L	2012	0.50	TL/L
Konya İli birim süt maliyeti			Samsun İli birim süt maliyeti		
2008	0.50	TL/L	2010	0.61	
2012	0.64	TL/L	2012	0.65	TL/L
Afyon İli birim süt maliyeti			Aydın İli birim süt maliyeti		
2006	0.54	TL/L	2008	0.40	TL/L
2012	0.80	TL/L	2012	0.51	TL/L
Ortalama:	0.65	TL/L			

Tablo 4.10'da yer alan, Kocaeli ili, Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği verilerinden yararlanılarak hesaplanan, havzadaki büyükbaş hayvan tür ve sayıları, bölgedeki üreticiler ve Gıda, Tarım ve Hayvancılık İlçe Müdürlüğü ve Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nde görev yapan veteriner hekimlerle görüşülerek belirlenen, sütün satış fiyatı, bir hayvandan elde edilen süt miktarı ve erkek hayvan kesim fiyatı kullanılarak yapılan ekonomik getiri hesabı Tablo 4.11'de yer almaktadır.

Tablo 4.10: Havzadaki büyükbaş hayvan tür ve sayıları.

Tür	**Adet**
İnek	2699
Düve	989
Dişi Dana	386
Dişi Buzağı	169
Erkek Sığır	1188
Toplam	**5431**

Tablo 4.11: Büyükbaş hayvan ekonomik getiri hesabı.

Ekonomik Getiri						
Süt Geliri	Günlük Süt (L)	Gün Sayısı	Hayvan Sayısı	Süt Miktarı (L)	Süt Karı (TL)	Toplam
	15.00	305	2699	12.347.925	0.2	2469585
Erkek Kesimi	3000	1188				3564000
					Toplam Gelir	6033585
Gelir	6.033.585	TL/yıl				

Küçükbaş Hayvancılık: Küçükbaş hayvancılık üzerine yapılmış yeterince çalışma olmadığından literatür çalışmalarından yararlanılamamış ve Veterinerlik Fakültelerinde, işletmelerin ekonomik getirilerinin belirlenmesi çalışmalarda kullanılan, anket yöntemiyle hesaplama yapılmıştır.

Küçükbaş hayvancılığın yaygın olarak yapıldığı köyler belirlenerek, yıllık gelir giderin belirlenmesi için hazırlanan anket çiftlik sahipleriyle görüşülerek doldurulmuş ve ortalama işletme karı belirlenmiştir. Tablo 4.12'de doldurulan anketlerden bir örnek yer almaktadır.

Tavuk Çiftlikleri: Çiftliklerin hayvan kapasiteleri, bir yılda kaç dönem çalışıldığı, hayvan başına elde edilen kar, hayvan gübrelerinin nasıl değerlendirildiği gibi bilgiler çiftlik sahipleri ile görüşülerek belirlenmiştir. Canlı hayvan yetiştiriciliğinde net rakamlar vermenin mümkün olmayacağı belirtilmekle birlikte, elde edilen ortalama değerlerden yararlanılarak yapılan hesap Tablo 4.13'de yer almaktadır.

Tablo 4.12: Küçükbaş hayvancılık anket örneği.

Köy	Üğümce
Anket Tarihi	03.03.2013
İşletme Hayvan Varlığı	
Koyun	25
Koç	0
Kuzu (dişi)	7
Kuzu (erkek)	6
Toplam	38
Son bir yılda sağılan hayvan sayısı	12
Laktasyon Süt Verimi (kg/koyun)	0.4
Ortalama Laktasyon Süresi (gün)	120
Süt Miktarı (kg/yıl)	132.4
Giderler	
Yem Masrafı (TL/Yıl)	600
Veteriner Sağlık (TL/yıl)	200
Enerji ve Nakliye Giderleri	700
Kira Bedeli	0
Toplam Gider (TL/yıl)	1500
Gelirler	
Süt Geliri (TL/yıl)	0
Süt Ürünü Geliri (TL/yıl)	1680
Yapağı Geliri (TL/yıl)	0
Destek ve Teşvik Geliri (TL/yıl)	0
Hayvan Satışı Geliri (TL/yıl)	4100
Toplam Gelir (TL/yıl)	5780
Fark (TL/yıl)	4280

Tablo 4.13: Tavuk çiftlikleri ekonomik getiri hesabı.

Hayvan Kapasitesi	Hayvan başına kar TL	Dönem	Ekonomik Getiri Yıllık TL	TL/ha.yıl
154500	0.45	5	347625	1614.383

4.2.4.2. Orman Alanı ve Ağaçlık Alan Ekonomik Getirisi

Kandıra İlçesi, Orman İşletme Şefliğinden alınan bilgilere göre orman alanlarından elde edilen ekonomik gelir 160 TL/ha.yıl'dır. Orman vasfı taşımayan ağaçlık alanların ekonomik getirisi ihmal edilmiştir.

4.2.4.3. Tarım Alanları Ekonomik Getirisi

Bölgede başlıca geçim kaynağı olan tarımdan kaynaklanan ekonomik getirinin belirlenebilmesi için, başlıca ekilen ürünler ve bu ürünlere ait maliyet hesapları, elde edilen verim ve ürünlerin satış fiyatlarının, 2012 yılı değerleri Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğünden temin edilmiştir. Ayrıca devlet tarafından sağlanan ürün, mazot, gübre, toprak analizi destek miktarlarının 2012 yılı değerlerine, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının internet sitesinden ulaşılarak hesaplamalara dahil edilmiştir. Ekonomik getiri hesabı yapılan ürünlerden örnekler Tablo 4.14'de yer almaktadır. Sebze-meyve ekili alanlar için ortalama bir ekonomik getiri hesabı yapılmıştır.

Tablo 4.14: Tarım ürünleri ekonomik getiri hesabı.

Ürün Adı	Verim kg/da	Maliyet TL/da	Destek TL/da	Fiyat TL/kg	Ekonomik Getiri TL/ha
Buğday	262.5	192.59	24.625	0.5	232.85
Fındık	80	367.7	161.5	3.5	738
Mısır	450	367.7	29.5	0.6	152
Armut	900	845.46	11.5	1.3	3360.4
Ceviz	80	249.87	11.5	6	2416.3
Taze Fasulye	1000	1107.8	11.5	2	9037
Karpuz	2000	617.05	11.5	0.5	3944.5
Domates	3000	1383.48	11.5	1.25	23780.2
Ispanak	750	485.8	11.5	1.25	4632

4.2.4.4. Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Ekonomik Getirisi

Havzada yaratacağı, olumlu-olumsuz etkileri belirleyebilmek amacıyla çalışmaya dahil edilen GİOSB, henüz plan aşamasında olduğundan, net bir ekonomik getiri değerinden söz etmek mümkün olmamıştır. Bu sebeple, GİOSB ÇED başvuru dosyasından ve Doğu Marmara Kalkınma Ajansının GİOSB için hazırladığı görüş raporundan [MARKA, 2011] yararlanılarak, başlıca gider gelir kalemleri kullanılarak, elde edilen yaklaşık bir ekonomik getiri hesabı Tablo 4.15'de yer almaktadır.

Tablo 4.15: GİOSB ekonomik getiri hesabı.

OSB İçin Ekonomik Getiri Hesabı		
Gider		
Hammadde Alımı	1.1E+09	TL/yıl
İşçi Maaşı	67200000	TL/yıl
Sigorta Pirimi	20000000	TL/yıl
Altyapı ve Hizmet Giderleri	3433333	TL/yıl
Toplam Gider	1.19E+09	TL/yıl
Gelir		
Ürün Şatış	1.65E+09	TL/yıl
Kazanç	4.59E+08	TL/yıl
2012 Tüfe Oranı %	6.16	
Ekonomik Getiri	4.88E+08	TL/yıl
Osb Alanı	203.8	ha
2012 yılı Ekonomik Getiri	**2392854**	**TL/ha.yıl**

4.2.4.5. Baraj Alanı Ekonomik Getirisi

Çalışma yapıldığı sırada, Baraj yapım aşamasında olduğundan, baraj alanının ekonomik getirisi hesaplanırken, Namazgah Barajı Nihai ÇED Raporunda yer alan ekonomik veriler kullanılmıştır. Baraj içme ve kullanma suyu temini amaçlı yapıldığından sadece içme suyu faydası söz konusu olmuştur. Sulama ve enerji faydası ve taşkın kontrolü faydası mevcut değildir. Tablo 4.16'da yer alan ÇED raporunda yapılan hesaplamada, İSU Genel Müdürlüğü'nün belediye ve köy sınırları içerisindeki abonelerine uyguladığı su tarifesinden yararlanılarak, gelir ve gider kalemleri dikkate alınarak, yıllık gelir değerinin yıllık gider değerine oranının hesaplandığı belirtilmiştir.

Tablo 4.16'de yer alan gelir-gider değeri, 2012 yılı değerine güncellenerek ve su kütlesi alanı kullanılarak yapılan yıllık hektar başına ekonomik getiri hesabı Tablo 4.17'de gösterilmiştir.

Tablo 4.16: Yıllık gelir değerinin yıllık gider değerine oranı.

Gelirin Değeri TL	Giderin Değeri TL	Gelir-Gider	Gelir/Gider
434.010.126	310.314.186	123.695.940	1.40

Tablo 4.17: Su kütlesi ekonomik getirisi.

Su Kütlesi	321.28 ha
Yıllık Getiri	123695940 TL/yıl
2012 Yılı Değeri (TÜFE oranı % 6.16)	131315609.9 TL/yıl
Yıllık Hektar Başına Ekonomik Getiri	408726.3 TL/ha.yıl

4.2.5. Kısıtların Belirlenmesi

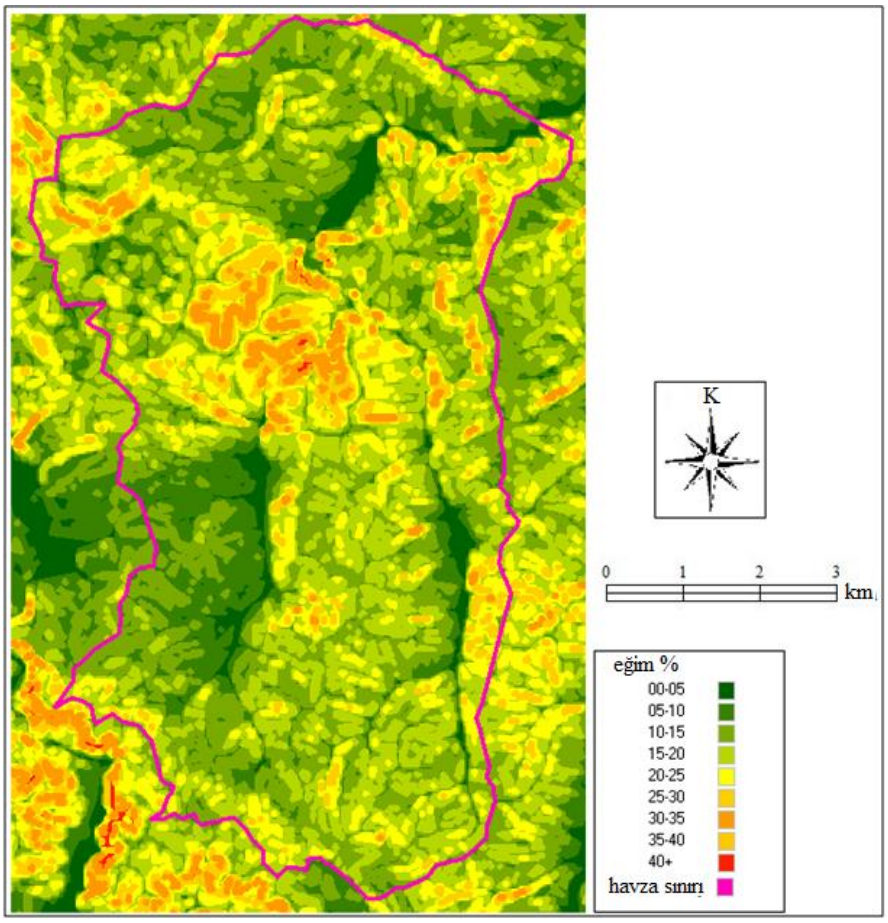
Oyun teorisinin havza ölçeğinde uygulamasının yapılabilmesi için havzadaki mevcut arazi kullanım durumları, havza topografyası, imar planları, plan aşamasındaki projeler dikkate alınarak kısıt değerler belirlenmiştir. Belirlenen kısıtlar maddeler halinde açıklanmıştır.

4.2.5.1. Arazi Eğiminin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında belirlenmesi gereken önemli bir değer de, havzada yerleşime ve tarıma elverişsiz olacak şekilde eğime sahip alanların toplam miktarı olmuştur. Bu amaçla, eğimi %55'in üzerinde olan alanların belirlenmesi için Şekil 4.13'de yer alan Kocaeli iline ait eğim haritası kullanılmıştır. Eğim haritası ve havza sınırları çakıştırıldığında havzada eğimi %55'in üzerinde olan alan olmadığı anlaşıldığından yüksek eğime sahip alanlar kısıt olarak tanımlanmamıştır.

4.2.5.2. Mevcut Durum ve İmar Planına Göre Belirlenen Kısıtlar

Mevcuttaki kırsal yerleşim alanlarının toplamı hava fotoğraflarından yararlanılarak hesaplanmış ve minimum yerleşim alanı değeri belirlenmiştir. Yerleşim alanlarının arttırılabileceği maksimum değerin belirlenmesi için, imar planında belirtilen köy gelişme sınırlarının toplamı kullanılmıştır.



Şekil 4.13: Eğim haritası.

Oyun teorisi uygulamasında, imar planındaki tarımsal niteliği korunacak alanların toplamı, minimum tarım alanı olacak şekilde hesap yapıldığında, pazarlıklar sonucunda, havzanın %70'inin orman olması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Ancak, elde edilen bu sonuç uygulanabilir olmadığından, kısıt değişikliğine gidilmiştir.

İkinci uygulamada, minimum tarım alanının, mevcuttaki tarım alanlarının toplamına eşit olması kısıt değer olarak belirlenerek hesap yapılmıştır. Elde edilen sonuçta, oyuncular, ekilen alanların ekonomik getirisinin az olması ve toplam fosfor yükünün fazla olması sebebiyle, tarım alanlarının büyük çoğunluğunun boş bırakılması gerektiği sonucunda anlaşmışlardır. Ancak bu sonuç, GİOSB kurulması planlanan bir havza için, yine uygulanabilir bir sonuç olarak bulunmamıştır. Bu sebeplerle, minimum tarım alanı değeri, mevcutta ekilen alanlarının yine ekilmesini zorunlu kılacak şekilde belirlenmiştir.

Havzada pek çok alanın ormana dönüştürülmesi ya da mevcut orman miktarının azaltılması gibi uygulanamayacak sonuçların çıkmaması için orman alanı

değeri mevcuttaki orman alanı miktarına eşit alınmıştır. Minimum ağaçlık alan miktarı mevcut değere göre belirlenmiştir.

Minimum su kütlesi miktarı, Sarnıçlar Bendi, Kocakaymaz Göleti ve baraj gölünün toplamı olarak hesaplanmıştır.

Planlanan GİOSB alanının değeri, maksimum değer olarak tanımlanmıştır.

Arazi kullanımlarının toplamının, havza alanı toplamına eşit olması gerektiği dikkate alınmıştır.

Karar değişkenlerinin (X1,X2,…,X10) değerinin sıfır olmaması gerektiği, kısıtlara eklenmiştir.

4.2.5.3. Barajın Asimilasyon Kapasitesinin Belirlenmesi

Hesaplanması gereken önemli bir kısıt parametresi de, kullanım alanlardan kaynaklanan fosfor yükünün ne kadarının baraj tarafından tolere edilebileceğinin belirlenmesi olmuştur. Baraj gölünün fosfor asimilasyon kapasitesini belirlemek için Vollenweider metodu [Vollenweider, 1976] kullanılmıştır. Kullanılan denklem 4.1'de yer almaktadır.

$$L_c = P_{\lambda.c} \times q_s \times (1 + T_w) \tag{4.1}$$

$$Y = L_c \times A \tag{4.2}$$

Burada:

- Lc : Kritik yük (µg fosfor/m². yıl,
- [P]λ,c : Kritik fosfor konsantrasyonu (µg /m³),
- Qs:qs = (z/Tw) Hidrolik yük (m/yıl),
- z : Ortalama derinlik (m),
- Tw : Hidrolik bekleme süresi (yıl),
- A: Göl Alanı (km²),
- Y: Baraj Asimilasyon kapasitesini ifade etmektedir.

Yöntemi uygulayabilmek için gerekli parametreler baraja ait proje karakteristiklerinden elde edilmiştir. Yapılan hesap Tablo 4.18'de yer almaktadır.

Tablo 4.18: Baraj asimilasyon kapasitesi hesabı.

V	24430000	m³
Q çıkış	1.35	m³/sn
Q çıkış	42612000	m³/yıl
Z	53	m
A	2.843	km²
Ptot	30	µg /L
Tw	0.57	yıl
qs	92.45	m/yıl
Lc	4873.27	mg/m²-yıl
Y	13855	kg/yıl

4.2.5.4. Hedef ve Kısıt Denklemleri

Seçilen oyuncuların hedefleri ve oyunda dikkate alınacak kısıtlar, bölüm 4.2.2'de belirlenen karar değişkenleri (X1, X2, X3,…, X10) kullanılarak aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

TP Yükü mevcut kullanım durumu ve ürünlerin gübre ihtiyacına göre iki farklı durum için formüle edilmiştir.

$$MinE_1(x) = 0.9x_1 + 0.05x_2 + 0.05x_3 + 3.14x_4 + 2.35x_5 + 3.53x_6 + 2.89x_7 + 0.1x_8 + 0x_9 + 0x_{10} \quad (4.3)$$

$$MinE_1(x) = 0.9x_1 + 0.05x_2 + 0.05x_3 + 1.75x_4 + 1.31x_5 + 1.97x_6 + 1.62x_7 + 0.1x_8 + 0x_9 + 0x_{10} \quad (4.4)$$

Toplam Gelir:

$$MinE_2(x) = 30.5x_1 + 0.16x_2 + 0x_3 + 0.23x_4 + 0.74x_5 + 0.15x_6 + 9.91x_7 + 0x_8 + 4087.2x_9 + 2392.8x_{10} \quad (4.5)$$

Arazi Elverişliliği:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} = 10089 \quad (4.6)$$

Minimum yerleşim alanı:

$$x_1 \geq 215.3 \quad (4.7)$$

Maksimum yerleşim alanı:

$$x_1 \leq 656.6 \quad (4.8)$$

Orman alanı:

$$x_2 = 2150 \quad (4.9)$$

Ağaçlık Alan:

$$x_3 \geq 1138 \quad (4.10)$$

Minimum tarım alanı:

$$x_4 + x_5 + x_6 + x_7 \geq 4801 \quad (4.11)$$

Maksimum tarım alanı:

$$x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 \leq 6052 \quad (4.12)$$

Su kütlesi:

$$x_9 = 321.2 \tag{4.13}$$

GİOSB alanı:

$$x_{10} \leq 203.4 \tag{4.14}$$

TP asimilasyon kapasitesi:

$$0.9x_1 + 0.05x_2 + 0.05x_3 + 3.14x_4 + 2.35x_5 + 3.53x_6 + 2.89x_7 + 0.1x_8 + 0x_9 + 0x_{10} \leq 13855 \tag{4.15}$$

$$0.9x_1 + 0.05x_2 + 0.05x_3 + 1.75x_4 + 1.31x_5 + 1.97x_6 + 1.62x_7 + 0.1x_8 + 0x_9 + 0x_{10} \leq 13855 \tag{4.16}$$

Pozitiflik:

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10} \geq 0 \tag{4.17}$$

4.3. Havza Yönetimi Problemine Oyun Teorisi Uygulaması

4.3.1. Oyuncuların Amacı

Bu çalışmada havza yönetimi alanında oyun teorisinin uygulanabilmesi için çıkarları çatışan iki oyuncu; birinci oyuncu, çevreci oyuncu, ikinci oyuncu, ekonomist oyuncu şeklinde belirlenmiştir.

Baraj havzasında arazi kullanım durumları belirlenirken çevre hassasiyetini göz önünde bulunduran ve mevcut su kaynaklarına olumsuz etkiyi (arazi kullanımından kaynaklanan toplam fosfor (TP) miktarını) minimum yapmaya çalışan çevreci oyuncunun amacı matematiksel olarak şu şekilde ifade edilmiştir:

$$MinTP = E_1(x) \tag{4.18}$$

Ekonomist oyuncunun amacı ise, arazi kullanım durumlarından kaynaklanan ekonomik getiriyi (EG) maksimum yapmaktır ve şu şekilde ifade edilmiştir:

$$MaxEG = E_2(x) \tag{4.19}$$

Böylece oluşturulan iki amaçlı model şöyle ifade edilmiştir:

$$MinTP = E_1(x) \tag{4.20}$$

$$MaxEG = E_2(x) \tag{4.21}$$

$$g_j \leq 0, \qquad j = 1,2, \dots, m \tag{4.22}$$

$$x_k \geq 0, \qquad k = 1,2, \dots, n \tag{4.23}$$

Oyuncuların hareket edecekleri pazarlık aralıklarının belirlenmesi için her iki oyuncunun da amacının maksimum ve minimum değerleri (TP ve EG) oluşturulan klasik lineer program probleminin çözülmesiyle belirlenmiştir:

$$TP_{min} \leq TP = E_1(x) \leq TP_{max} \tag{4.24}$$

$$EG_{min} \leq EG = E_2(x) \leq EG_{max} \tag{4.25}$$

4.3.2. Oyuncuların Stratejisi

Her oyuncunun hareket alanı belirlendikten sonra başlangıç raunduna geçilmiş ve her oyuncu belirlediği stratejiye uygun olarak hamlesini yapmıştır. Her bir oyuncu için strateji şu şekilde ifade edilmiştir:

Birinci oyuncunun stratejisi:

$$MinTP = E_1(x) \tag{4.26}$$

$$g_j \leq 0, \qquad j = 1,2,\dots,m \tag{4.27}$$

$$E_2(x) \geq EG_{hedef} \tag{4.28}$$

$$x_k \geq 0, \qquad k = 1,2,\dots,n \tag{4.29}$$

İkinci oyuncunun stratejisi:

$$MaxEG = E_2(x) \tag{4.30}$$

$$g_j \leq 0, \qquad j = 1,2,\dots,m \tag{4.31}$$

$$E_1(x) \leq TP_{hedef} \tag{4.32}$$

$$x_k \geq 0, \qquad k = 1,2,\dots,n \tag{4.33}$$

4.3.3 Pazarlık Süreci

İki oyuncu, pazarlık sürecinin ilk raunduna başlar ve her iki oyuncu da başlangıç stratejisi olarak hedeflerine (TP_{min} ve EG_{max}) yakın strateji belirler. Fakat raunt sonunda her iki oyuncu da ortaya çıkan sonuçtan memnun kalmadığı için beklentilerini düşürerek ikinci raunda geçerler. Bu aşamada, oyuncuların verecekleri tavizin belli bir kurala tabi olması için, oyuncularının hedeflerinin maksimum ve minimum değerleri arasındaki fark eşit parçalara bölünerek, her raunt için verilecek taviz miktarı aşağıdaki şekilde belirlemiştir:

$$Taviz1 = \frac{TP_{max} - TP_{min}}{n} \tag{4.34}$$

$$Taviz2 = \frac{EG_{max} - EG_{min}}{n} \tag{4.35}$$

Burada n, maksimum ve minimum değerleri arasındaki farkın kaç eşit parçaya bölüneceğini ifade eden sayıdır. Her senaryoda en iyi sonucu elde edebilmek ve sonuçları birbirine olabildiğince yaklaştırmak için kurulan sistem birkaç kez çalıştırılmış ve en uygun değer seçilmiştir.

Pazarlık süreci boyunca stratejiler ve elde edilen sonuçlar arasındaki farklar giderek azalır. Pazarlık süreci final çözümüne kadar devam eder (TP_{final}, EG_{final}).

$$TP_{final} \leq TP_{hedef} \tag{4.36}$$

$$EG_{final} \geq EG_{hedef} \tag{4.37}$$

Ulaşılan TP_{final} ve EG_{final} değerleri denge olarak adlandırılır [Osborne and Rubinstein,1994], Gibbons, 1997].

4.4. Havza Yönetimine Bulanık Mantık Uygulaması

4.4.1. Çevresel Etki Üyelik Fonksiyonu

Çalışmanın konusu olan iki amaçlı karar verme problemi için üyelik fonksiyonları tanımlarken, amaçların bireysel maksimum ve minimum değerleri (TP_{min}, TP_{max}, EG_{min}, EG_{max}) kullanılmıştır. Çevresel etki için hazırlanan üyelik fonksiyonu şu şekilde ifade edilmiştir:

$$\mu_1(E_1(x)) = \begin{cases} 1\,,\ E_1(x) \leq TP_{min} \\ \dfrac{TP_{max} - E_1(x)}{TP_{max} - TP_{min}},\ TP_{min} \leq E_1(x) \leq TP_{max} \\ 0\,, E_1(x) \geq TP_{max} \end{cases} \tag{4.38}$$

burada $\mathrm{TP}_{\max} \neq \mathrm{TP}_{\min}$, ve $\mu_1(E_1(\mathbf{x})) = 1$ şeklindedir. μ_1 üyelik fonksiyonu $[\mathrm{TP}_{\min}, \mathrm{TP}_{\max}]$ aralığında monoton azalan yapıdadır.

4.4.2. Ekonomik Etki Üyelik Fonksiyonu

Ekonomik getirinin üyelik fonksiyonu da benzer şekilde şu ifade edilebilir:

$$\mu_2(E_2(x)) = \begin{cases} 1\,, E_2(x) \leq EG_{min} \\ \dfrac{E_2(x) - EG_{min}}{EG_{max} - EG_{min}},\ EG_{min} \leq E_2(x) \leq EG_{max} \\ 0\,, E_2(x) \geq EG_{max} \end{cases} \tag{4.39}$$

burada $\mathrm{EG}_{\max} \neq \mathrm{EG}_{\min}$. $\mathrm{EG}_{\max} = \mathrm{EG}_{\min}$, ve $\mu_2(E_2(\mathbf{x})) = 1$ şeklindedir. μ_2 üyelik fonksiyonu $[\mathrm{EG}_{\min}, \mathrm{EG}_{\max}]$ aralığında monoton artandır.

4.4.3. Bulanık Programlama Yaklaşımı

Zimmermann'ın minimum operatörü kullanılarak [Zimmermann, 1993] iki amaçlı model aşağıdaki şekilde yazılmıştır:

Maksimum yapmayı istediğimiz TP hedefi μ_1, minimum yapmayı hedeflediğimiz EG hedefi μ_2 olarak tanımlanmak üzere:

$$
\begin{aligned}
& max_x min_j\{\mu_1, \mu_2\} \\
& g_j \leq 0, \qquad j = 1,2, \dots, m \\
& x_k \geq 0, \qquad k = 1,2, \dots, n
\end{aligned}
\tag{4.40}
$$

$$\lambda = min\{\mu_1, \mu_2\} \tag{4.41}$$

yardımcı değişkeni kullanılarak, (4.40) problemine eşdeğer olan lineer programlama problemi,

$$
\begin{aligned}
& \text{Max } \lambda \\
& \mu_1 \geq \lambda \\
& \mu_2 \geq \lambda \\
& g_j \leq 0, \qquad j = 1,2, \dots, m \\
& x_k \geq 0, \qquad k = 1,2, \dots, n \\
& 0 \leq \lambda \leq 1
\end{aligned}
\tag{4.42}
$$

şeklinde verilebilir. Böylece elde edilen (4.42) probleminden çok amaçlı model için Pareto-optimal çözümler elde edilmiştir.

5. SONUÇLAR

5.1. Mevcut Gübre Kullanımına Göre Elde Edilen Sonuçlar

Bu tez çalışmasında, oyun teorisi ve bulanık mantık yaklaşımı farklı iki durum için uygulanmıştır. İlk durumda, havzadaki mevcut gübre kullanımı sonucu ortaya çıkan TP katsayılarına göre hesap yapılmış ve havzadaki sorunun kaynakları ve boyutu belirlenmiştir. İkinci durumda ise, ürünlerin gübre ihtiyacına göre gübre kullanımı yapılırsa sonuçların ne olacağını ortaya koyarak, birinci durumda tespit edilen sorunlara çözüm önerileri sunulmuştur.

Her iki durumda da, GİOSB'nin sistemde olup olmamasına göre oluşturulan iki farklı senaryo için sonuçlar elde edilmiştir.

5.1.1. Birinci Senaryo

Birinci senaryoda, GİOSB'nin plan dâhilinde olduğu durum için hesap yapılmıştır. Böylece GİOSB'nin sistem tarafından kabul edilip edilmeyeceği belirlenirken, ortaya çıkacak kirlilik yükü ve elde edilecek ekonomik gelir hesaplanmıştır. Uygulamada kullanılan TP ve EG değerleri Tablo 5.1'de yer almaktadır.

Tablo 5.1: Toplam fosfor ve ekonomik getiri katsayıları.

	X1 (ha)	X2 (ha)	X3 (ha)	X4 (ha)	X5 (ha)	X6 (ha)	X7 (ha)	X8 (ha)	X9 (ha)	X10 (ha)
TP kg/ ha.yıl	0.9	0.05	0.05	3.14	2.35	3.53	2.89	0.1	0	0
EG TL/ha.yıl	30500	160	0	233	738	152	9912	0	408726	2392854

Her bir oyuncunun pazarlık aralığını belirlemek amacıyla hesaplanan TP ve EG'nin maksimum ve minimum değerleri ($E1_{min}$, $E1_{max}$ ve $E2_{min}$, $E2_{max}$) ve bu değerleri sağlayan karar değişkenleri (X1, X2, …, X10) Tablo 5.2 ve Tablo 5.3'te yer almaktadır. Tablo 5.2 incelendiğinde TP'nin minimum değerinin ($E1_{min}$ =11703 kg/yıl) TP'nin maksimum değerine ($E1_{max}$ =13855 kg/yıl) ve baraj gölünün

asimilasyon kapasitesine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu durum havzadaki mevcut gübre kullanımının baraj gölünü ciddi şekilde tehdit ettiğini ortaya koyması açısında önemlidir. Çevreci oyuncunun hareket alanı oldukça dar olmasına rağmen, bu şartlar altında elde edilecek en iyi planlama şeklini belirlemek amacıyla oyun teorisi uygulamasına devam edilmiştir.

$E1_{min}$ ve $E1_{max}$ değerleri elde edilirken X1, X2, X4, X6, X7, X8, X9 ve X10 değerlerinde değişiklik olmamıştır. $E1_{min}$ hesabında 4801 ha olan fındık ekili alan (X5) değeri $E1_{max}$ hesabında 5736 ha'a çıkmıştır, 2388 ha olan ağaçlık alan (X3) değeri 1453 ha'a düşmüştür.

Tablo 5.2: Toplam fosfor maksimum ve minimum değerleri.

$E1_{min}$ kg TP/yıl	$E2_{değ}$ 10^6 TL/yıl	X1 ha	X2 ha	X3 ha	X4 ha	X5 ha	X6 ha	X7 ha	X8 ha	X9 ha	X10 ha
11703	628.5	216	2150	2388	0	4801	0	0	0	321	203
$E1_{max}$	$E2_{değ}$	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
13855	629.2	216	2150	1453	0	5736	0	0	0	321	203

$E2_{min}$ ve $E2_{max}$ değerleri elde edilirken X2, X6, X8 ve X9 değerlerinde değişiklik olmamıştır. $E2_{min}$ hesabında 216 ha olan kırsal yerleşim alanı (X1) değeri $E2_{max}$ hesabında 657 ha'a yükselmiş, ağaçlık alan (X3) değeri 2592 ha'dan 1947 ha'a düşmüş, buğday ekili alan (X4) değeri 2710 ha'dan 0 (sıfır) ha'a düşmüş, fındık ekili alan (X5) değeri 2091 ha'dan 1511 ha'a düşmüş, sebze-meyve ekili alan (X7) değeri 0 (sıfır) ha'dan 3290 ha'a yükselmiş, 0 (sıfır) olan GİOSB alanı (X10) değeri 203 ha'a yükselmiştir.

Tablo 5.3: Ekonomik getiri maksimum ve minimum değerleri.

$E2_{min}$ 10^6 tl/yıl	$E1_{değ}$ Kg TP/yıl	X1 ha	X2 ha	X3 ha	X4 ha	X5 ha	X6 ha	X7 ha	X8 ha	X9 ha	X10 ha
140	13855	216	2150	2592	2710	2091	0	0	0	321	0
$E2_{max}$	$E1_{değ}$	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
672	13855	657	2150	1947	0	1511	0	3290	0	321	203

5.1.1.1. Oyun Teorisi Sonuçları

Mevcut gübre kullanımına ve GİOSB'nin sistemde olduğu duruma göre oluşturulan senaryoda, karşılıklı verilen tavizler sonucu oyuncular toplam 10 raunt sonunda anlaşmaya varmışlardır. Tablo 5.4'de yer alan sonuçlardan da görüleceği üzere ilk rauntta 1. oyuncu $E1_{min}$ hedefine çok yakın bir değer olan E1=11720 kg/yıl sonucunu elde etmek amacıyla oyuna başlamış ve bu adımın karşılığında ortaya çıkan E2 değeri 629 TL.10^6/yıl olmuştur. Aynı rauntta 2. oyuncu $E2_{max}$ değerine çok yakın olan E2=668 TL.10^6/yıl değerini elde etmek istemiş, ortaya çıkan E1 değeri 13614 kg/yıl olmuştur. Elde edilen sonuçlar oyuncuların hedeflerinden uzak olduğu için anlaşma sağlanamamış ve her iki oyuncu da taviz vererek ikinci raunda geçmiştir. 10. raunda kadar taviz vererek oyuna devam edilmiştir. 1. oyuncu E1=11720 kg/yıl değerinden E1=11868 kg/yıl değerine kadar taviz verirken, elde ettiği E2 sonucu E2=629 TL.10^6/yıl değerinden E2=634 TL.10^6/yıl değerine ulaşmıştır. 2. oyuncu 1. rauntta talep ettiği E2=668 TL.10^6/yıl değerinden E2=631 TL.10^6/yıl değerine kadar taviz verirken, elde ettiği E1 sonucu E1=13614 kg/yıl değerinden E1=11779 kg/yıl değerine düşmüştür. 1. oyuncunun 10. rauntta elde ettiği E2=634 TL.10^6/yıl değeri, 2. oyuncunun 10. rauntta hedeflediği E2=631 TL.10^6/yıl değerinden büyük olduğu için 2. oyuncu yeni bir hamle yapmak istemezken, 2. oyuncunun elde ettiği E1=11779 kg/yıl değeri, 1 oyuncunun hedeflediği E1=11868 kg/yıl değerinden küçük olduğu için 1. oyuncu da yeni hamle yapmak istememiştir ve oyun 10. rauntta son bulmuştur.

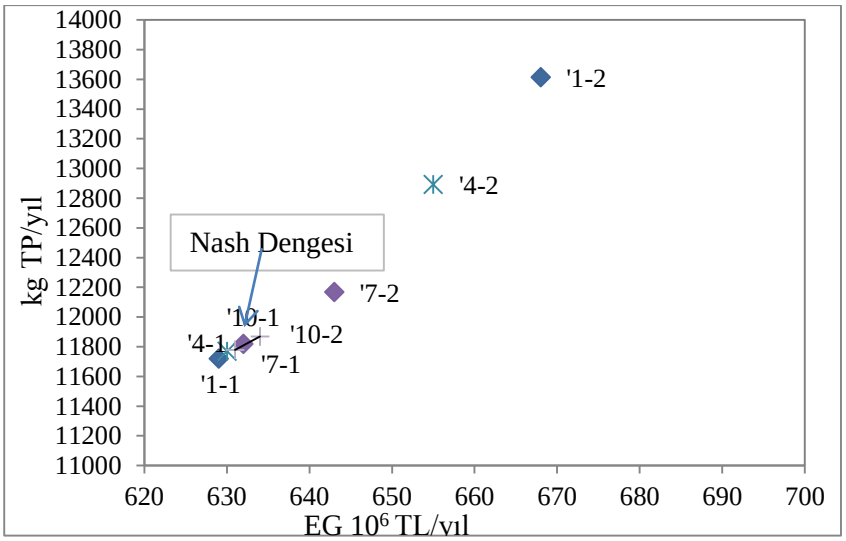
Oyun sürecinde, karar değişkenlerinden X2, X9 ve X10 değerlerinde herhangi bir değişiklik olmamıştır. 1. oyuncunun ilk rauntta 235 ha olarak belirlediği X1 değeri oyun sonunda 410 ha'a yükselirken, 2. oyuncunun X1 değeri 657 ha'dan 439 ha'a düşmüştür. 1. oyuncunun ilk rauntta belirlediği 2369 ha olarak belirlediği X3 değeri, 10. raunt sonunda 2193 ha'a düşerken; 2. oyuncunun X3 değeri 1947 ha'dan 2164 ha'a yükselmiştir. 2 oyuncu da X4, X6 ve X8 değerinin 0 (sıfır) olması konusunda anlaşmışlardır. 1. oyuncu ilk raunttaki 4801 ha olan X5 değerini oyun sonuna kadar değiştirmezken, 2. oyuncu 1957 ha olan X5 değerini 4801 ha'a çıkarmak zorunda kalmıştır.

Son rauntta her iki oyuncunun da elde ettiği değişken değerleri birbirlerine çok yakın değerler olmuştur. GİOSB'u ifade eden X10 karar değişkeni hiç bir rauntta oyun dışında kalmamıştır ve alabileceği en yüksek değerle oyunu tamamlamıştır. Bu

durum düşük TP değeri ve yüksek ekonomik getirisi ile iki oyuncunun da GİOSB'dan vazgeçmediğini göstermektedir. Ekonomik gelirini hayvancılıktan sağlayan kırsal yerleşim alanında (X1) bir miktar artış olurken ekonomik getirisi çok az olan buğday ve mısır ekili alanlar yüksek TP değerleri sebebiyle sistem dışında kalmıştır. Oyuncular 10. raunt sonunda ekilmesi zorunlu tutulan tarım alanlarının tamamına ekonomik getirisi yüksek olan ve TP değeri nispeten düşük olan fındık ekilmesi konusunda anlaşmışlardır. Mevcuttaki yeşil alan değerinin arttırılmasının havza açısından daha iyi olacağı hususunda iki oyuncu arasında anlaşma sağlanmıştır.

Tablo 5.4: Birinci senaryo uygulamasında elde edilen oyun teorisi sonuçları.

	E1 kg/yıl	E2 TL.10^6 /yıl	X1 (ha)	X2 (ha)	X3 (ha)	X4 (ha)	X5 (ha)	X6 (ha)	X7 (ha)	X8 (ha)	X9 (ha)	X10 (ha)
1.	11720	629	235	2150	2369	0	4801	0	0	0	321	203
Raunt	13614	668	657	2150	1947	0	1957	0	2844	0	321	203
4.	11769	630	294	2150	2310	0	4801	0	0	0	321	203
Raunt	12892	655	657	2150	1947	0	3294	0	1506	0	321	203
7.	11819	632	352	2150	2252	0	4801	0	0	0	321	203
Raunt	12169	643	657	2150	1947	0	4632	0	169	0	321	203
10.	11868	634	410	2150	2193	0	4801	0	0	0	321	203
Raunt	11779	631	439	2150	2164	0	4801	0	0	0	321	203



Şekil 5.1: Birinci senaryo uygulamasında elde edilen oyun teorisi sonuçları.

Şekil 5.1 incelendiğinde çevreci oyuncunun ne kadar dar bir alanda hamle yapmak zorunda kaldığı görülmektedir. 10. rauntta her iki oyuncu da, diğer oyuncunun elde ettiği sonucun kendi hedefinden daha iyi bir sonuç olduğunu gördüğü için ikinci bir hamle yapmak istememiş ve oyun sonlandırılmıştır.

5.1.1.2. Bulanık Mantık Yaklaşımı Sonuçları

Bulanık mantık yöntemi sonucu elde edilen verilerin yer aldığı Tablo 5.5 incelendiğinde E1 (11857 kg/yıl) ve E2 (634 TL.10^6/yıl) değerlerinin oyun teorisi ile elde edilen sonuçlarla uyum içinde olduğu ve karar değişkenlerinin örtüştüğü görülmüştür. Oyuncuların sonuçtan memnuniyet derecesini ifade eden lamda (λ) değeri ise 0.92 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen λ değerinin mevcut kısıtlar çerçevesinde ortaya çıkan bir değer olduğu dikkate alınmalıdır, aksi durumda çevreci oyuncunun hesaplanan E1(11857 kg/yıl) değerinden memnun olması düşünülemez.

Tablo 5.5: Birinci senaryo uygulamasında elde edilen bulanık mantık sonuçları.

λ	E1 TP kg/yıl	E2 EG TL.10^6 /yıl	X1 (ha)	X2 (ha)	X3 (ha)	X4 (ha)	X5 (ha)	X6 (ha)	X7 (ha)	X8 (ha)	X9 (ha)	X10 (ha)
0.92	11857	634	397	2150	2207	0	4801	0	0	0	321	203

5.1.2. İkinci Senaryo

İkinci senaryoda; GİOSB'nin sistemde olmadığı durum için hesap yapılmıştır. Uygulamada kullanılan TP ve EG katsayıları Tablo 5.6'da yer almaktadır.

Tablo 5.6: Toplam fosfor ve ekonomik getiri katsayıları.

	X1 (ha)	X2 (ha)	X3 (ha)	X4 (ha)	X5 (ha)	X6 (ha)	X7 (ha)	X8 (ha)	X9 (ha)
TP kg/ ha.yıl	0.9	0.05	0.05	3.14	2.35	3.53	2.89	0.1	0
EG TL ha.yıl	30500	160	0	233	738	152	9912	0	408726

İkinci senaryoda, her bir oyuncunun pazarlık aralığını belirlemek amacıyla hesaplanan TP ve EG'nin maksimum ve minimum değerleri ($E1_{min}$, $E1_{max}$ ve $E2_{min}$, $E2_{max}$) ve bu değerleri sağlayan karar değişkenleri (X1, X2, …, X9) Tablo 5.7 ve Tablo 5.8'de yer almaktadır.

$E1_{min}$ ve $E1_{max}$ değerleri elde edilirken X1, X2, X4, X6, X7, X8 ve X9 değerlerinde değişiklik olmamıştır. $E1_{min}$ hesabında 4801 ha olan fındık ekili alan (X5) değeri $E1_{max}$ hesabında 5731 ha'a yükselmiş, ağaçlık alan (X3) değeri 2592 ha'dan 1661 ha'a düşmüştür.

Tablo 5.7: Toplam fosfor maksimum ve minimum değerleri.

$E1_{min}$	$E2_{değ}$	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
kg TP/yıl	10^6 tl/yıl	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
11713	141.86	216	2150	2592	0	4801	0	0	0	321
$E1_{max}$	$E2_{değ}$	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
13855	142.55	216	2150	1661	0	5731	0	0	0	321

Elde edilebilecek ekonomik getirinin maksimum ve minimum değerlerinin yer aldığı Tablo 5.8 incelendiğinde birinci senaryoda 672 TL.10^6/yıl olan $E2_{max}$ değerinin, ekonomik getiri katsayısı yüksek olan GİOSB'nin sistemde bulunmaması sebebiyle 185 TL.10^6/yıl değerine düşmüş olduğu ve ciddi bir ekonomik kayıp yaşandığı görülmektedir. $E2_{min}$ ve $E2_{max}$ değerleri elde edilirken X2, X6, X8 ve X9 değerlerinde değişiklik olmamıştır. $E2_{min}$ hesabında 216 ha olan kırsal yerleşim alanı (X1) değeri $E2_{max}$ hesabında 657 ha'a yükselmiş, ağaçlık alan (X3) değeri 2592 ha'dan 2151 ha'a düşmüş, buğday ekili alan (X4) değeri 2710 ha'dan 0 (sıfır) ha'a düşmüş, fındık ekili alan (X5) değeri 2091 ha'dan 1530 ha'a düşmüş, sebze-meyve ekili alan (X7) değeri 0 (sıfır) ha'dan 3271 ha'a yükselmiştir.

Tablo 5.8: Ekonomik getiri maksimum ve minimum değerleri.

$E2_{min}$	$E1_{değ}$	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
10^6 tl/yıl	Kg TP/yıl	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
140.5	13855	216	2150	2592	2710	2091	0	0	0	321
$E2_{max}$	$E1_{val}$	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
185.32	13855	657	2150	2151	0	1530	0	3271	0	321

5.1.2.1. Oyun Teorisi Sonuçları

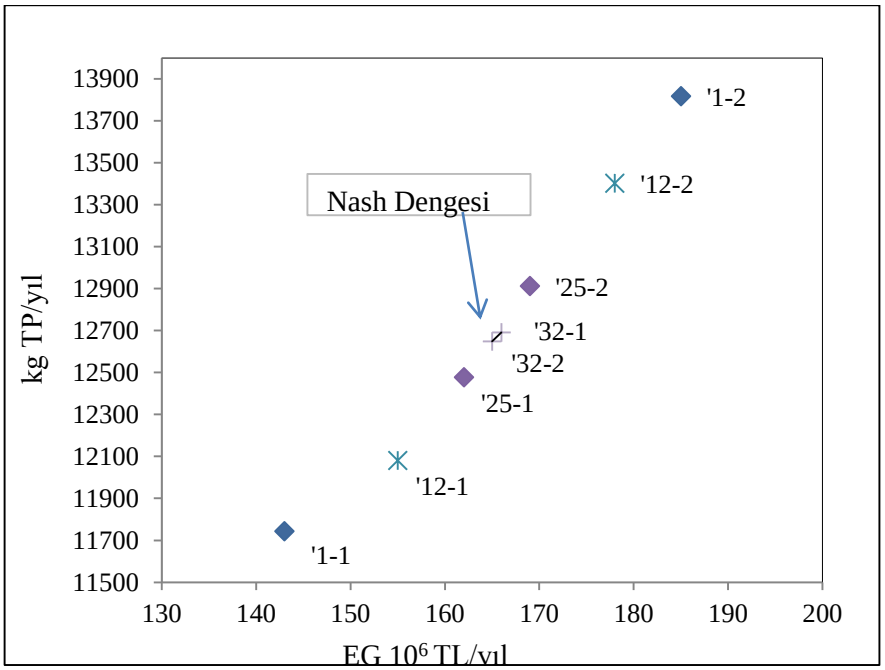
Mevcut gübre kullanımına ve GİOSB'nin sistemde olmadığı duruma göre oluşturulan senaryoda, karşılıklı verilen tavizler sonucu oyuncular Tablo 5.9'dan görüldüğü üzere oyuncular 32 raunt sonunda anlaşmaya varmışlardır. İlk rauntta 1. oyuncu $E1_{min}$ hedeflerine çok yakın bir değer olan E1=11744 kg/yıl sonucunu elde etmek amacıyla oyuna başlamış ve bu adımın karşılığında ortaya çıkan E2 değeri 143 TL.10^6/yıl olmuştur. Aynı rauntta 2. oyuncu $E2_{max}$ değerine çok yakın olan E2=185 TL.10^6/yıl değerini elde etmek istemiş, ortaya çıkan E1 değeri 13817 kg/yıl olmuştur. Elde edilen sonuçlar oyuncuların hedeflerinden uzak olduğu için anlaşma sağlanamamış ve her iki oyuncu da taviz vererek ikinci raunda geçmiştir. 32. raunda kadar taviz vererek oyuna devam edilmiştir. 1. oyuncu E1=11744 kg/yıl değerinden E1=12692 kg/yıl değerine kadar taviz verirken, elde ettiği E2 sonucu E2=143 TL.10^6/yıl değerinden E2=166 TL.10^6/yıl değerine ulaşmıştır. 2. oyuncu 1. rauntta talep ettiği E2=185 TL.10^6/yıl değerinden E2=165 TL.10^6/yıl değerine kadar taviz verirken, elde ettiği E1 sonucu E1=13817 kg/yıl değerinden E1=12649 kg/yıl değerine düşmüştür. 1. oyuncunun 32. rauntta elde ettiği E2=166 TL.10^6/yıl değeri, 2. oyuncunun 32. rauntta hedeflediği E2=165 TL.10^6/yıl değerinden büyük olduğu için 2. oyuncu yeni bir hamle yapmak istemezken, 2. oyuncunun elde ettiği E1=12649 kg/yıl değeri, 1 oyuncunun hedeflediği E1=12692 kg/yıl değerinden küçük olduğu için 1. oyuncu da yeni hamle yapmak istememiştir ve oyun 32. rauntta son bulmuştur.

Tablo 5.9: İkinci senaryo uygulamasında elde edilen oyun teorisi sonuçları.

	E1 kg/yıl	E2 TL.10^6 /yıl	X1 (ha)	X2 (ha)	X3 (ha)	X4 (ha)	X5 (ha)	X6 (ha)	X7 (ha)	X8 (ha)	X9 (ha)
1.	11744	143	252	2150	2556	0	4801	0	0	0	321
Raunt	13817	185	657	2150	2151	0	1600	0	3201	0	321
12.	12081	155	647	2150	2160	0	4801	0	0	0	321
Raunt	13402	178	657	2150	2151	0	2368	0	2433	0	321
25.	12478	162	657	2150	2151	0	4079	0	722	0	321
Raunt	12912	169	657	2150	2151	0	3275	0	1526	0	321
32.	12692	166	657	2150	2151	0	3682	0	1119	0	321
Raunt	12649	165	657	2150	2151	0	3764	0	1037	0	321

Oyun sürecinde karar değişkenlerinden X2, X4, X6, X8,ve X9 değerlerinde herhangi bir değişiklik olmamıştır. 1. oyuncunun ilk rauntta 252 ha olarak belirlediği X1 değeri oyun sonunda 657 ha'a yükselirken, 2. oyuncunun X1 değerinde değişiklik olmamıştır. 1. oyuncunun ilk rauntta 2556 ha olarak belirlediği X3 değeri oyun sonunda 2151 ha'a düşerken, 2. oyuncunun X3 değerinde değişiklik olmamıştır. 1. oyuncunun ilk rauntta 4801 ha olarak belirlediği X5 değeri oyun sonunda 3682 ha'a düşerken, 2. oyuncunun X5 değeri 1600 ha'dan 3764 ha'a yükselmiştir. 2 oyuncunun ilk rauntta 0 ha olarak belirlediği X7 değeri oyun sonunda 1119 ha'a yükselirken 2. oyuncunun X7 değeri 3201 ha'dan 1037 ha'a düşmüştür.

Son rauntta her iki oyuncunun da elde ettiği değişken değerleri birbirlerine çok yakın değerler olmuştur. GİOSB sistemde olmadığı için ekonomist oyuncu başka gelir kaynaklarına yönelmek zorunda kalmış bu sebeple fındık üretiminin yanında tarım alanları arasında ekonomik getirisi en yüksek olan sebze-meyve ekili alanın değerini de arttırmıştır. Bir diğer ekonomik getiri kalemi olarak gelirini hayvancılıktan sağlayan köy yerleşik alanına yönelmiş ve X1 değerinin imar planlarının müsaade ettiği en yüksek değere kadar arttırmıştır. Ekonomik getirisi çok az olan buğday ve mısır ekili alanlar yüksek TP değerleri sebebiyle yine sistem dışında kalmıştır. Oyun sonucu elde edilen sonuçlar Şekil 5.2'de görülmektedir.



Şekil 5.2: İkinci senaryo uygulamasında elde edilen oyun teorisi sonuçları.

5.1.2.2. Bulanık Mantık Yaklaşımı Sonuçları

Bulanık mantık yöntemi sonucu elde edilen Tablo 5.10 incelendiğinde, E1(12673 kg/yıl) ve E2 (165 TL.10^6/yıl) değerlerinin oyun teorisi ile elde edilen sonuçlarla uyum içinde olduğu ve karar değişkenlerinin örtüştüğü görülmüştür. Oyuncuların sonuçtan memnuniyet derecesini ifade eden λ değeri ise 0.55 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen λ değerinin 0.55 olması her iki oyuncunun da mevcut kısıtlar çerçevesinde hedefleri değerlerin ancak yarısı kadar sonuçlarla anlaşmaya varabilmiş olmalarından kaynaklanmaktadır. Bu durumun bu haliyle sistemin sağlıksız olduğunun ve tedbirler alınması gerektiğinin bir işaretidir.

Tablo 5.10: İkinci senaryo uygulamasında elde edilen bulanık mantık sonuçları.

λ	E1 TP kg/yıl	E2 EG TL.10^6 /yıl	X1 (ha)	X2 (ha)	X3 (ha)	X4 (ha)	X5 (ha)	X6 (ha)	X7 (ha)	X8 (ha)	X9 (ha)
0.55	12673	165	657	2150	2151	0	3719	0	1082	0	321

5.2. İhtiyaç Duyulan Gübre Miktarına Göre Sonuçlar

5.2.1. Birinci Senaryo

Havzadaki tarım ürünlerinin ihtiyacı oranında gübre kullanılırsa havzadaki planlamanın nasıl olması gerektiğinin belirlenmesi amacıyla, GİOSB'nin plan dâhilinde olduğu durum için hesap yapılmıştır. Uygulamada kullanılan TP ve EG katsayıları Tablo 5.11'da yer almaktadır.

Tablo 5.11: Toplam fosfor ve ekonomik getiri katsayıları.

	X1 (ha)	X2 (ha)	X3 (ha)	X4 (ha)	X5 (ha)	X6 (ha)	X7 (ha)	X8 (ha)	X9 (ha)	X10 (ha)
TP kg/ ha.yıl	0.9	0.05	0.05	1.75	1.31	1.97	1.62	0.1	0	0
EG TL/ha.yıl	30500	160	0	233	738	152	9912	0	408726	2392854

Her bir oyuncunun pazarlık aralığını belirlemek amacıyla yapılan, TP ve EG'nin maksimum ve minimum değerlerini ($E1_{min}$, $E1_{max}$ ve $E2_{min}$, $E2_{max}$) ve bu değerleri sağlayan karar değişkenlerini (X1, X2, …, X10) gösteren Tablo 5.12 incelendiğinde TP'nin minimum değerinin $E1_{min}$=6710 kg/yıl olduğu görülmektedir. Ürünlerin ihtiyacı olan gübre miktarına göre hesaplanan yeni TP değerinin, mevcuttaki gübre kullanımına göre hesaplanan TP değerinden ($E1_{min}$ =11703 kg/yıl) oldukça küçük olduğu görülmektedir. Böylece çevreci oyuncunun oyun alanı, ilk duruma göre genişlemiştir.

$E1_{min}$ ve $E1_{max}$ değerleri elde edilirken X2, X4, X7, X8 ve X9 değerlerinde değişiklik olmamıştır. $E1_{min}$ hesabında 216 ha olan kırsal yerleşim alanı (X1) değeri $E1_{max}$ hesabında 418 ha'a yükselirken, $E1_{min}$ hesabında 2388 ha olan ağaçlık alan (X3) değeri $E1_{max}$ hesabında 1138 ha'a düşmüştür. $E1_{min}$ hesabında 4801 ha olan fındık ekili alan (X5) değeri $E1_{max}$ hesabında 0 (sıfır) ha'a düşmüştür, 0 (sıfır) olan mısır ekili alan (X6) değeri 6052 ha'a ulaşmıştır. 203 ha olan GİOSB alanı (X10) değeri $E1_{max}$ hesabında 0 (sıfır) ha'a düşmüştür.

Tablo 5.12: Toplam fosfor maksimum ve minimum değerleri.

$E1_{min}$	$E2_{değ}$	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
kg TP/yıl	10^6 tl/yıl	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	Ha
6710	628	216	2150	2388	0	4801	0	0	0	321	203
$E1_{max}$	$E2_{değ}$	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
12463	145	418	2150	1138	0	0	6052	0	0	321	0

Elde edilebilecek ekonomik getiri değerinin maksimum ve minimum değerlerinin yer aldığı Tablo 5.13 incelendiğinde, $E2_{min}$ ve $E2_{max}$ değerleri elde edilirken X2, X4, X5 ve X9 değerlerinde değişiklik olmadığı görülmektedir. $E2_{min}$ hesabında 216 ha olan kırsal yerleşim alanı (X1) değeri, $E2_{max}$ hesabında 657 ha'a yükselmiş, dane mısır ekili alan (X6) değeri, 4801 ha'dan 0 (sıfır) ha'a düşmüş, sebze-meyve ekili alan (X7) değeri 0 (sıfır) ha'dan 5610 ha'a yükselmiş, ekilmemiş tarım alanı (X8) değeri 1251 ha'dan 0 (sıfır) ha'a düşmüş, 0 (sıfır) olan GİOSB alanı (X10) değeri 203 ha'a yükselmiştir.

Tablo 5.13: Ekonomik getiri maksimum ve minimum değerleri.

$E2_{min}$ 10^6 tl/yıl	$E1_{değ}$ Kg TP/yıl	X1 ha	X2 ha	X3 ha	X4 ha	X5 ha	X6 ha	X7 ha	X8 ha	X9 ha	X10 Ha
139	9952	216	2150	1341	0	0	4801	0	1251	321	0
$E2_{max}$	$E1_{değ}$	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
694	9844	657	2150	1138	0	0	0	5610	0	321	203

5.2.1.1. Oyun Teorisi Sonuçları

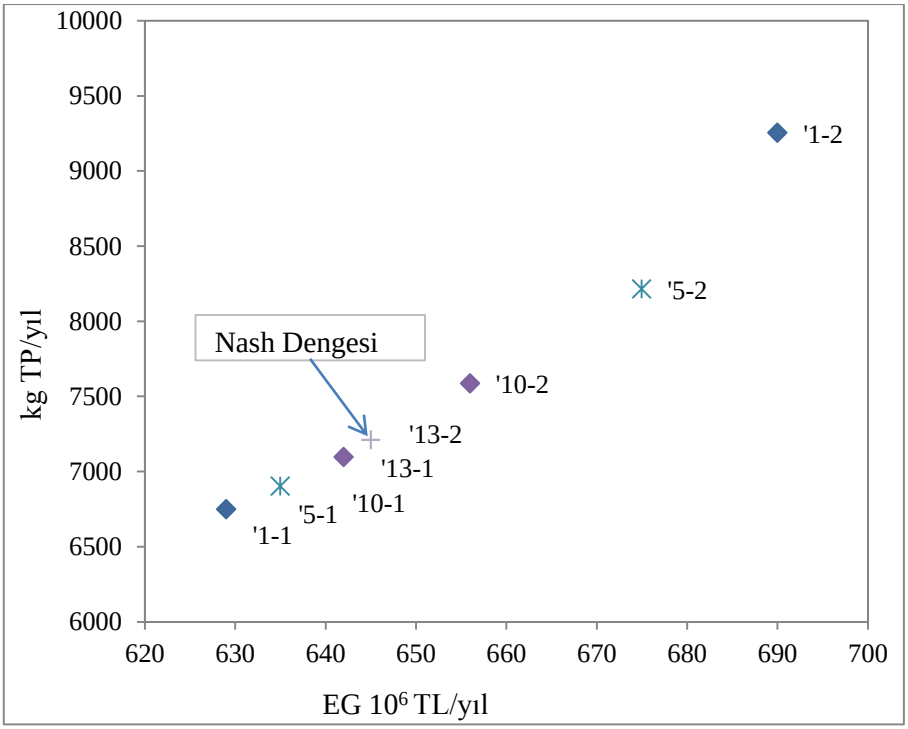
Tarım ürünlerinin ihtiyacı oranında gübre kullanıldığı ve GİOSB'nin sistemde olduğu durum için oluşturulan senaryoda, karşılıklı verilen tavizler sonucu oyuncular toplam 13 raunt sonunda anlaşmaya varmışlardır. Tablo 5.14'de görüldüğü üzere ilk rauntta 1. oyuncu $E1_{min}$ hedeflerine çok yakın bir değer olan E1=6749 kg/yıl sonucunu elde etmek amacıyla oyuna başlamış ve bu adımın karşılığında ortaya çıkan E2 değeri 629 TL.10^6/yıl olmuştur. Aynı rauntta 2. oyuncu $E2_{max}$ değerine çok yakın olan E2=690 TL.10^6/yıl değerini elde etmek istemiş, ortaya çıkan E1 değeri 9254 kg/yıl olmuştur. Elde edilen sonuçlar oyuncuların hedeflerinden uzak olduğu için anlaşma sağlanamamış ve her iki oyuncu da taviz vererek ikinci raunda geçmiştir. 13. raunda kadar taviz vererek oyuna devam edilmiştir. 1. oyuncu E1=6749 kg/yıl değerinden E1=7212 kg/yıl değerine kadar taviz verirken, elde ettiği E2 sonucu E2=629 TL.10^6/yıl değerinden E2=645 TL.10^6/yıl değerine ulaşmıştır. 2. oyuncu 1. rauntta talep ettiği E2=690 TL.10^6/yıl değerinden E2=645 TL.10^6/yıl değerine kadar taviz verirken, elde ettiği E1 sonucu E1=9254 kg/yıl değerinden E1=7208 kg/yıl değerine düşmüştür. 1. oyuncunun 13. rauntta elde ettiği E2=645TL.10^6/yıl değeri, 2. oyuncunun 13. rauntta hedeflediği E2=645 TL.10^6/yıl değerine eşit olduğu için 2. oyuncu yeni bir hamle yapmak istemezken, 2. oyuncunun elde ettiği E1=7208 kg/yıl değeri, 1 oyuncunun hedeflediği E1=7212 kg/yıl değerinden küçük olduğu için 1. oyuncu da yeni hamle yapmak istememiştir ve oyun 13. rauntta son bulmuştur.

Oyun sürecinde karar değişkenlerinden X2, X4, X6, X8, X9 ve X10 değerlerinde herhangi bir değişiklik olmamıştır. 1. oyuncunun ilk rauntta 261 ha olarak belirlediği X1 değeri, oyun sonunda 657 ha'a çıkarken, 2. oyuncunun X1 değeri 657 ha değerinde sabit kalmıştır. 1. oyuncunun ilk rauntta 2343 ha olarak belirlediği X3 değeri oyun sonunda 1947 ha'a düşerken, 2. oyuncunun X3 değeri

1514 ha'dan 1947 ha'a yükselmiştir. 1. oyuncunun ilk rauntta 4801 ha olarak belirlediği X5 değeri oyun sonunda 4391 ha'a düşerken, 2. oyuncunun X5 değeri 0 (sıfır) ha'dan 4404 ha'a yükselmiştir. 1. oyuncunun ilk rauntta 0 (sıfır) ha olarak belirlediği X7 değeri oyun sonunda 410 ha'a yükselirken, 2. oyuncunun X7 değeri 5235 ha'dan 397 ha'a düşmüştür. Son rauntta her iki oyuncunun da elde ettiği değişken değerleri birbirlerine çok yakın değerler olmuştur. 13 raunt sonunda Nash Dengesine ulaşılan nokta Şekil 5.3'te görülmektedir.

Tablo 5.14: Birinci senaryo uygulamasında elde edilen oyun teorisi sonuçları.

	E1 kg/yıl	E2 TL.10^6 /yıl	X1 (ha)	X2 (ha)	X3 (ha)	X4 (ha)	X5 (ha)	X6 (ha)	X7 (ha)	X8 (ha)	X9 (ha)	X10 (ha)
1.	6749	629	261	2150	2343	0	4801	0	0	0	321	203
Raunt	9254	690	657	2150	1514	0	0	0	5235	0	321	203
5.	6903	635	443	2150	2161	0	4801	0	0	0	321	203
Raunt	8215	675	657	2150	1947	0	1156	0	3645	0	321	203
10.	7096	642	657	2150	1947	0	4764	0	37	0	321	203
Raunt	7586	656	657	2150	1947	0	3186	0	1615	0	321	203
13.	7212	645	657	2150	1947	0	4391	0	410	0	321	203
Raunt	7208	645	657	2150	1947	0	4404	0	397	0	321	203



Şekil 5.3: Birinci senaryo uygulamasında elde edilen oyun teorisi sonuçları.

GİOSB'u ifade eden X10 karar değişkeni hiç bir rauntta oyun dışında kalmamıştır ve alabileceği en yüksek değerle oyunu tamamlamıştır. Bir başka gelir kaynağı olan hayvancılığın yapıldığı kırsal yerleşim alan değeri (X1) ise planların müsaade ettiği en yüksek değere kadar arttırılmıştır. Ekonomik getirisi çok az olan buğday ve mısır ekili alanlar yüksek TP değerleri sebebiyle sistem dışında kalmıştır. Oyuncular 13. raunt sonunda ekilmesi zorunlu tutulan tarım alanlara ekonomik getirisi yüksek olan ve TP değeri nispeten düşük olan fındık ve sebze-meyve ekilmesi konusunda anlaşmışlardır.

5.2.1.2. Bulanık Mantık Yaklaşımı Sonuçları

Bulanık mantık yöntemi sonucu elde edilen verilerin yer aldığı Tablo 5.15 incelendiğinde, E1 (7211 kg/yıl) ve E2 (645 TL.10^6/yıl) değerlerinin oyun teorisi ile elde edilen sonuçlarla uyum içinde olduğu ve karar değişkenlerinin örtüştüğü görülmüştür. Oyuncuların sonuçtan memnuniyet derecesini ifade eden λ değeri ise 0.91 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.15: Birinci senaryo uygulamasında elde edilen bulanık mantık sonuçları.

ʎ	E1 TP kg/yıl	E2 EG TL.10^6 /yıl	X1 ha	X2 ha	X3 ha	X4 ha	X5 ha	X6 ha	X7 ha	X8 ha	X9 ha	X10 ha
0.91	7211	645	657	2150	1947	0	4396	0	405	0	321	203

5.2.2. İkinci Senaryo

İkinci senaryoda, GİOSB'nin sistemde olmadığı durum için hesap yapılmıştır. Uygulamada kullanılan TP ve EG katsayıları Tablo 5.16'da yer almaktadır.

Tablo 5.16: Toplam fosfor ve ekonomik getiri katsayıları.

	X1 (ha)	X2 (ha)	X3 (ha)	X4 (ha)	X5 (ha)	X6 (ha)	X7 (ha)	X8 (ha)	X9 (ha)
TP kg/ha.yıl	0.9	0.05	0.05	1.75	1.31	1.97	1.62	0.1	0
EG TL/ha.yıl	30500	160	0	233	738	152	9912	0	408726

Her bir oyuncunun pazarlık aralığını belirlemek amacıyla hesaplanan TP ve EG'nin maksimum ve minimum değerleri ($E1_{min}$, $E1_{max}$ ve $E2_{min}$, $E2_{max}$) ve bu değerleri sağlayan karar değişkenleri (X1, X2, …, X9) Tablo 5.17 ve Tablo 5.18'de yer almaktadır.

$E1_{min}$ ve $E1_{max}$ değerleri elde edilirken X2, X4, X7, X8 ve X9 değerlerinde değişiklik olmamıştır. $E1_{min}$ hesabında 216 ha olan kırsal yerleşim alanı (X5) değeri $E1_{max}$ hesabında 418 ha'a yükselmiş, 2592 ha olan ağaçlık alan (X3) değeri $E1_{max}$ hesabında 1138 ha'a düşmüş, 4801 ha olan fındık ekili alan (X5) değeri $E1_{max}$ hesabında 0 (sıfır) ha'a düşmüş, 0 (sıfır) ha olan dane mısır ekili alan değeri $E1_{max}$ hesabında 6052 ha'a yükselmiştir.

Tablo 5.17: Toplam fosfor maksimum ve minimum değerleri.

$E1_{min}$ kg TP/yıl	$E2_{değ}$ 10^6 tl/yıl	X1 ha	X2 ha	X3 ha	X4 ha	X5 ha	X6 ha	X7 ha	X8 ha	X9 ha
6720	142	216	2150	2592	0	4801	0	0	0	321
$E1_{max}$	$E2_{değ}$	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
12463	145	418	2150	1138	0	0	6052	0	0	321

Elde edilecek ekonomik getirinin maksimum ve minimum değerlerinin yer aldığı Tablo 5.18 incelendiğinde, birinci senaryoda 694 TL.10^6/yıl olan $E2_{max}$ değerinin, ekonomik getiri katsayısı yüksek olan GİOSB'nin sistemde bulunmaması sebebiyle 209 TL.10^6/yıl değerine düşmüş olduğu ve ciddi bir ekonomik kayıp yaşandığı görülmektedir. $E2_{min}$ ve $E2_{max}$ değerleri elde edilirken X2, X4, X5 ve X9 değerlerinde değişiklik olmamıştır. $E2_{min}$ hesabında 216 ha olan kırsal yerleşim alanı (X1) değeri $E2_{max}$ hesabında 657 ha'a yükselmiş, 1341 ha olan ağaçlık alan (X3) değeri $E2_{max}$ hesabında 1138 ha'a düşmüş, dane mısır ekili alan değeri (X6) 4801 ha'dan 0 (sıfır) ha'a düşmüş, sebze-meyve ekili alan (X7) değeri 0 (sıfır) ha'dan 5814 ha'a yükselmiştir.

Tablo 5.18: Ekonomik getiri maksimum ve minimum değerleri.

$E2_{min}$ 10^6 tl/yıl	$E1_{değ}$ Kg TP/yıl	X1 ha	X2 ha	X3 ha	X4 ha	X5 ha	X6 ha	X7 ha	X8 ha	X9 ha
139	9952	216	2150	1341	0	0	4801	0	1251	321
$E2_{max}$	$E1_{değ}$	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
209	10174	657	2150	1138	0	0	0	5814	0	321

5.2.2.1. Oyun Teorisi Sonuçları

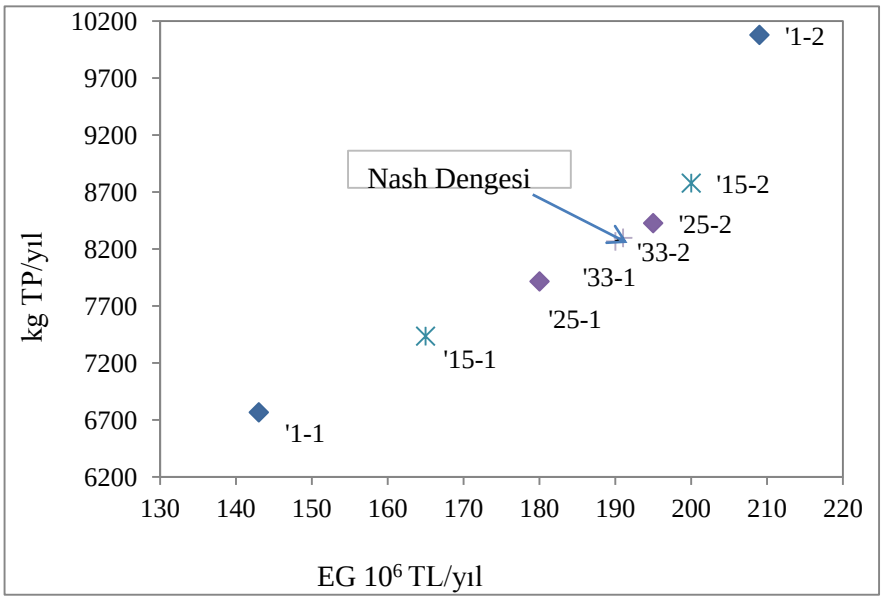
Tarım ürünlerinin ihtiyacı oranında gübre kullanıldığı ve GİOSB'nin plan dahilinde olduğu durum için oluşturulan senaryoda, karşılıklı verilen tavizler sonucu, Tablo 5.19'dan görüldüğü üzere, oyuncular 33 raunt sonunda anlaşmaya varmışlardır. İlk rauntta 1. oyuncu $E1_{min}$ hedeflerine çok yakın bir değer olan E1=6768 kg/yıl sonucunu elde etmek amacıyla oyuna başlamış ve bu adımın karşılığında ortaya çıkan E2 değeri 143 TL.10^6/yıl olmuştur. Aynı rauntta 2. oyuncu $E2_{max}$ değerine çok yakın olan E2=209 TL.10^6/yıl değerini elde etmek istemiş, ortaya çıkan E1 değeri 10081 kg/yıl olmuştur. Elde edilen sonuçlar oyuncuların hedeflerinden uzak olduğu için anlaşma sağlanamamış ve her iki oyuncu da taviz vererek ikinci raunda geçmiştir. 33. raunda kadar taviz vererek oyuna devam edilmiştir. 1. oyuncu E1=6768 kg/yıl değerinden E1=8300 kg/yıl değerine kadar taviz verirken, elde ettiği E2 sonucu E2=143 TL.10^6/yıl değerinden E2=191 TL.10^6/yıl değerine ulaşmıştır. 2. oyuncu 1. rauntta talep ettiği E2=209 TL.10^6/yıl değerinden E2=190 TL.10^6/yıl değerine kadar taviz verirken, elde ettiği E1 sonucu E1=10081 kg/yıl değerinden E1=8269 kg/yıl değerine düşmüştür. 1. oyuncunun 33. rauntta elde ettiği E2=191 TL.10^6/yıl değeri, 2. oyuncunun 33. rauntta hedeflediği E2=190 TL.10^6/yıl değerinden büyük olduğu için 2. oyuncu yeni bir hamle yapmak istemezken, 2. oyuncunun elde ettiği E1=8269 kg/yıl değeri, 1 oyuncunun hedeflediği E1=8300 kg/yıl değerinden küçük olduğu için 1. oyuncu da yeni hamle yapmak istememiştir ve oyun 33. rauntta son bulmuştur. Oyun sonucu elde edilen sonuçlar Şekil 5.4'de görülmektedir.

Oyun sürecinde karar değişkenlerinden X2, X4, X6, X8 ve X9 değerlerinde herhangi bir değişiklik olmamıştır. 1. oyuncunun ilk rauntta 272 ha olarak belirlediği X1 değeri oyun sonunda 657 ha'a yükselirken, 2. oyuncu ilk rauntta 657 ha olarak belirlediği X1 değerinde değişiklik yapmamıştır. 1. oyuncunun ilk rauntta 2535 ha olarak belirlediği X3 değeri oyun sonunda 2151 ha'a düşerken, 2. Oyuncu ilk rauntta 1197 ha olarak belirlediği X3 değeri oyun sonunda 2151 ha'a yükselmiştir. 1. oyuncunun ilk rauntta 4801 ha olarak belirlediği X5 değeri oyun sonunda 915 ha'a düşerken, 2. oyuncu ilk rauntta 0 (sıfır) ha olarak belirlediği X5 değeri oyun sonunda 1014 ha'a yükselmiştir. 1 oyuncunun ilk rauntta 0 ha olarak belirlediği X7 değeri oyun sonunda 3886 ha'a yükselirken 2. oyuncunun X7 değeri 5755 ha'dan 3787 ha'a düşmüştür.

Tablo 5.19: İkinci senaryo uygulamasında elde edilen oyun teorisi sonuçları.

	E1 kg/yıl	E2 TL.10^6 /yıl	X1 (ha)	X2 (ha)	X3 (ha)	X4 (ha)	X5 (ha)	X6 (ha)	X7 (ha)	X8 (ha)	X9 (ha)
1.	6768	143	272	2150	2535	0	4801	0	0	0	321
Raunt	10081	209	657	2150	1197	0	0	0	5755	0	321
15.	7438	165	657	2150	2151	0	3694	0	1107	0	321
Raunt	8781	200	657	2150	2025	0	0	0	4927	0	321
25.	7917	180	657	2150	2151	0	2150	0	2651	0	321
Raunt	8428	195	657	2150	2151	0	503	0	4298	0	321
33.	8300	191	657	2150	2151	0	915	0	3886	0	321
Raunt	8269	190	657	2150	2151	0	1014	0	3787	0	321

Son rauntta her iki oyuncunun da elde ettiği değişken değerleri birbirlerine çok yakın değerler olmuştur. GİOSB sistemde olmadığı için ekonomist oyuncu başka gelir kaynaklarına yönelmek zorunda kalmış ve ekilmesi zorunlu tarım alanlarının tamamına yakınına tarım alanları arasında ekonomik getirisi en yüksek olan sebze-meyve ekme konusunda çevreci oyuncu ile anlaşma sağlamışlardır. Bir diğer ekonomik getiri kalemi olarak gelirini hayvancılıktan sağlayan köy yerleşik alanına yönelmiş ve X1 değerinin imar planlarının müsaade ettiği en yüksek değere kadar arttırmıştır. Ekonomik getirisi çok az ve TP değerleri yüksek olan buğday ve mısır ekili alanlar sistem dışında kalmıştır.



Şekil 5.4: İkinci senaryo oyun teorisi sonuçları.

5.2.2.2. Bulanık Mantık Yaklaşımı Sonuçları

Bulanık mantık yöntemi sonucu elde edilen verilerin yer aldığı Tablo 5.20 incelendiğinde E1(8277 kg/yıl) ve E2 (190.28 TL.10^6/yıl) değerlerinin oyun teorisi ile elde edilen sonuçlarla uyum içinde olduğu ve karar değişkenlerinin örtüştüğü görülmüştür. Oyuncuların sonuçtan memnuniyet derecesini ifade eden λ değeri ise 0.72 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.20: İkinci senaryo uygulamasında elde edilen bulanık mantık sonuçları.

λ	E1 kg/yıl	E2 TL.10^6 /yıl	X1 (ha)	X2 (ha)	X3 (ha)	X4 (ha)	X5 (ha)	X6 (ha)	X7 (ha)	X8 (ha)	X9 (ha)
0.72	8277	190.28	657	2150	2151	0	989	0	3812	0	321

6. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Ülkemizde havza bazında yapılan çalışmalar genellikle, havzadaki yayılı kaynakların belirlenmesi, bu kaynakların oluşturduğu yüklerin tahmini ve bu yüklerin azaltılması için öneriler başlıkları altında toplanmaktadır. Bu çalışmada, bahsedilen başlıklara ilave olarak, yayılı kaynakları oluşturan faaliyetlerin ekonomik getirileri de dikkate alınarak yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Böylece havzadaki çevre hassasiyeti olan paydaşlar ile yüksek ekonomik getiri beklentisi olan paydaşları ortak bir noktada buluşturarak karar vericin işini kolaylaştırmak hedeflenmiştir.

Oyun Teorisi yaklaşımı ile ilgili yapılan literatür taramasında, bu yaklaşımı kullanan diğer çalışmalarda genellikle, karar değişkenlerine a, b, c gibi harf ataması yapma ya da karar değişkenlerini kendi içlerinde tercih edilme derecelerine göre I, II, III şeklinde sıralama yöntemlerin tercih edildiği görülmüştür. Bu çalışmada, Tayvan'da baraj havzasında yapılan çalışma [Lee, 2012] örnek alınarak her bir karar değişkeni için hem çevreye olumsuz etkiyi temsil eden TP katsayısı hem de ekonomik getiri EG katsayısı sayısal olarak hesaplanmıştır. Böylece minimum ve maksimum TP değerleri sayısal olarak hesaplanabilmiş ve barajın asimilasyon kapasitesi ile karşılaştırma yapılabilmiştir. Bunun yanında, oyun sonucu elde edilen ekonomik getiri değeri de sayısal olarak elde edildiği için OSB'nin sistemde olduğu ve olmadığı senaryolardaki ekonomik getiri farkı net şekilde ortaya konabilmiştir. Ayrıca, Tayvan'da yapılan çalışmada TP katsayıları havzada daha önce yapılan başka bir çalışmadan, ekonomik getiri katsayıları ise resmi kurumlardan alınırken bu çalışmada, çalışma alanı olarak seçilen havzada daha önce yapılmış çalışma olmadığı ve resmi kurumlardan yeterli veri temin edilemediği için TP ve EG katsayıları tek tek hesaplanmıştır.

Oyun Teorisi yaklaşımı kullanılarak hesaplanan sonuçlarını kontrol amacıyla pek çok alanda başarıyla uygulanan Bulanık Mantık yaklaşımı kullanılmıştır. Oluşturulan her bir senaryo için elde edilen Oyun Teorisi ve Bulanık Mantık yaklaşımı sonuçları incelendiğinde, elde edilen sonuçların bir birine çok yakın olduğu görülmüştür. Aynı zamanda her iki yaklaşımda da, elde edilen karar değişkenleri birbiri ile örtüşmektedir.

Havzada yapılan hayvancılık faaliyetlerinden elde edilen ekonomik getiri değeri köy yerleşik alanı karar değişkeni başlığında çalışmaya dahil edilirken,

çiftçilerle yapılan görüşmelerde hayvancılık faaliyetlerinden elde edilen gübrenin tarım alanlarında kullanıldığı belirtildiği için, havzadaki hayvan sayılarından yola çıkılarak hesaplanan hayvansal gübre kaynaklı TP değeri, ticari gübre miktarından yararlanılarak hesaplanan TP değerinin üzerine eklenerek tarım alanları karar değişkenleri başlıkları altında dikkate alınmıştır. Böylece ülkemizin bir gerçeği çalışmaya yansıtılmış ve havzada hayvancılık yapılmaması gerektiği gibi uygulanması zor bir sonuç yerine tarım alanlarında bilinçsiz gübre kullanılmaması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Mevcuttaki gübre kullanım durumu dikkati alınarak yapılan hesaplamalarda; ulaşılan minimum TP değerinin barajın asimilasyon kapasitesine çok yakın olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda, minimum TP ve maksimum TP değerlerinin birbirine çok yakın olması çevreci oyuncunun hareket alanını büyük ölçüde daraltmış olmasına rağmen oyun yarıda kesilmemiş ve mevcut durum altında en iyi yönetim stratejisi olarak nasıl bir planlama yapılması gerektiği belirlenmeye çalışılmıştır.

Mevcut gübre kullanımı durumunda elde edilen minimum TP değerinin içme suyu temin etmek amaçlı inşa edilen barajın asimilasyon kapasitesine çok yakın çıkması ile havzadaki ciddi bir problem tespit edilmiş ve bu problemin ortadan kaldırılabilmesi için çözüm yolu aranmıştır. Bu amaçla ikinci bir yaklaşım olarak havzada ekilen tarım ürünleri için ürünlerin ihtiyacı oranında gübre kullanıldığı durum için senaryolar oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ürün ihtiyacına göre gübre kullanıldığı durumda elde edilen minimum TP değerinin mevcuttaki gübre kullanımına göre elde edilen değerden oldukça küçük olduğu, minimum ve maksimum TP değerleri arasında çevreci oyuncuya yeterince manevra alanı sağlayan bir fark olduğu görülmüş ve yeni katsayılara göre havza planlaması yapılmıştır.

GİOSB'un ihtimal dahilinde olduğu bütün senaryolar incelendiğinde; GİOSB'un hiçbir şekilde oyuncular tarafından sistem dışına çıkartılmadığı ve böylelikle üzerinde anlaşılan ekonomik getiri (EG) değerinin GİOSB'un olmadığı senaryolara nazaran bir hayli yüksek olduğu anlaşılmıştır. Bu beklenen bir durumdur ve sebebi, OSB içindeki arıtma tesisinin yeterli miktarda çalıştırılacağı ve yayılı kaynak oluşturacak bütün durumlar için gerekli tedbirlerin alınacağı varsayımı ile yıllık hektar başına TP katsayısının sıfır kabul edilmesi ve ekonomik getirisinin havzadaki diğer ekonomik getiri kalemlerine oranla çok yüksek olmasıdır. Ancak, OSB'nin sistemde olduğu ve olmadığı senaryolarda elde edilen EG değerinin

karşılaştırılması ve OSB'nin havzaya nasıl bir katkısının olacağının belirlenmesi açısından OSB'nin çalışmaya dahil edilmesi anlamlıdır.

Tarım alanları incelendiğinde; buğday ve mısır ekili alanların, bütün senaryolarda, diğer ekilen ürünlere göre daha yüksek TP katsayısına sahip olmaları ve daha düşük ekonomik getiri sağlamaları sebebiyle, ilk vazgeçilen kalem oldukları anlaşılmıştır. Bu durumun değiştirilmesi için, bu ürünlerden elde edilecek verimin arttırılması yoluna gidilebilir. Geleneksel yöntemlerle yapılan bilinçsiz tarım yerine, mevcut araziye hangi ürünün daha uygun olduğu belirlenerek; uygun ekim, gübreleme, ilaçlama, sulama ve benzeri her türlü bakım konusunda çiftçiler bilinçlendirilerek, modern teknikler kullanılarak verim arttırılıp, çiftçiler organik tarıma yönlendirilerek kullanılan ilaç ve gübre miktarı azaltılarak bu değişkenlerin de her iki oyuncu tarafından da vazgeçilemeyen değişkenler olması sağlanabilir.

Mevcut durumda da büyük ölçüde ekilmekte olan fındık, ürünler içinde havzada kendine en çok yer bulan ürün olurken, bu çalışmanın yapıldığı süre zarfında, çiftçilerin sadece kendi ihtiyaçları oranında ekim yaptığı, ciddi bir ekonomik gelir beklemediği sebze-meyve ekimine özellikle GİOSB'un sistemde olmadığı senaryo için daha önem verilmesi gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır.

Ekonomik getirisi yüksek olan GİOSB'un sistemde olmadığı senaryolarda; oyuncular bir diğer ekonomik getiri kalemi olan hayvancılığa yönelmiştir. Hayvancılık faaliyetlerinin yürütüldüğü köy yerleşik alanı değeri, imar planında müsaade edilen en yüksek değere kadar arttırılmıştır. Hayvancılık alanında daha yüksek gelir elde etmek için; 3-5 hayvanlı işletmeler yerine, daha profesyonel yönetilecek, daha büyük kapasiteli işletmeler kurulması konusunda, halkın desteklenmesi ve eğitilmesi yoluna gidilebilir. Hayvan yetiştiriciliğinden kaynaklanan atıkların çevreye, özellikle de su kaynaklarına olumsuz etkisini azaltmak için, hayvansal atıkların toplanması, depolanması, tarımsal alanlarda kullanımının kontrol altına alınması ve bir düzene bağlanması, hayvanların suya yaklaşması ve dışkılarını su ortamına bırakmalarını önleyici tedbirler alınması gibi uygulamalar yapılabilir.

Çalışma sırasında kısıtlar belirlenirken, ormanlık alan değerinin mevcut durumun altına düşmesi ya da vatandaşlara ait parsellerin de ormana dönüştürülmesi gerektiği gibi uygulaması imkânsız bir sonuca ulaşılmaması için ormanlık alan değeri sabit alınırken orman vasfı taşımayan ve ekonomik getirisi olmayan ağaçlık alan değerinin ise mevcut durumunun altına düşmemesi için kısıt eklenmiştir. Oyun

sonunda oyuncular ağaçlık alan değerinin bir miktar daha arttırılması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır. Havza yakın mesafe koruma alanında kalan ve istimlâk edilerek tarım ve hayvansal faaliyetlere izin verilmeyecek olan alanlar ağaçlandırılarak ve uzun süredir çeşitli sebeplerle boş bırakılan tarım alanların sahiplerinin ağaçlandırma konusunda desteklenerek elde edilen sonuç uygulamaya geçirilebilir. İleriki dönemde bu alanlarda yürüyüş parkurları, piknik ve kamp alanları gibi farklı uygulamalar yapılarak az da olsa ekonomik getiri elde edilmesi sağlanabilir.

Çalışma sırasında, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Tarım ve Hayvancılık İl ve İlçe Müdürlükleri, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Köye Hizmet Şube Müdürlüğü, Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi, Kandıra İlçesi Orman İşletme Şefliği, Kocaeli İli Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği, Marmara Kalkınma Ajansı gibi farklı kurumlardan havza ile ilgili veri temin edilmeye çalışılmıştır. Ulaşılan veriler havza bazında olmayıp il, ilçe ya da köy bazında olduğundan bu verileri havzaya uyarlama konusunda sorunlar yaşanmıştır. Bütünleşik havza yönetiminde, havza bazında yönetim önemli unsurlardan biri olduğundan içme suyu kaynağı olarak inşa edilen barajın su kalitesini korumak ve havzanın sürdürülebilirliğini sağlamak amacı ile havza bazında bir idari yapı kurulması gerektiği düşünülmektedir. Verilerin, tek elden, sağlıklı toplanması, kayıt altına alınması ve ulaşılabilirliğinin kolay olması, bilimsel çalışmaların alt yapısının sağlıklı olmasının önünü açarken, bu konularda bilgi almak isteyen, yatırım yapmak isteyen yatırımcıların da fikir sahibi olması açısından önemlidir.

Havzadaki mevcut arazi kullanımına ait alanlar tespit edilirken, 2012 yılı hava fotoğrafları kullanılmış ve köy yerleşik alanları, orman alanları, fındık ekili alanlar ve boş tarım arazileri görünüş itibari ile diğer alanlardan ayırt edilebildiği için bu alanlar tek tek belirlenerek değerleri tespit edilebilmiştir. Birbirinden ayırt edilemeyen diğer tarım ürünlerinin alanlarını belirlemek için Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü'ne başvurulmuş ancak hangi tarlaya hangi dönemde hangi ürünün ekildiği hususunda sayısal haritalara işlenmiş veri bulunmadığından bu konuda çiftçilerden ve muhtarlardan alınan bilgiler dikkate alınmıştır. Köy gelişme sınırları ve GİOSB alanı değeri bölgenin imar planı üzerinden belirlenmiştir. Baraj alanı ise barajın inşa kotu dikkate alınarak halihazır harita üzerinden bu kota ait eğri kapalı alana dönüştürülerek belirlenmiştir.

Çalışmada, ticari gübreden kaynaklanan TP katsayısı belirlenirken hangi tarım arazisinde hangi ürüne hangi çeşit gübreden, ne miktarda ve ne sıklıkta verildiğine dair herhangi bir kayıt bulunmadığı için Kandıra ilçesinde 2012 yılında satılan gübrenin aynı yıl içinde kullanıldığı kabul edilerek, ilçede gübrelenen alan ile havzada gübrelenen alan oranlanarak bir sonuca ulaşılmıştır. Her ürünün gübredeki besi maddelerini bünyesine alım miktarı ve her gübre çeşidinin topraktaki taşınım süreçleri (buharlaşma, sızma, yüzeysel akış, vb.) farklı olduğu için tarım alanlarından gelen yayılı besi maddesi yüklerinin hesaplanmasında; gübre türü, gübrenin uygulandığı ürün çeşidi ve uygulandığı ay içerisindeki gübre miktarının bilinmesi gerekmektedir. Bu sebeple tarım alanlarında, ekilen ürünlerin, kullanılan ilacın ve gübrenin miktarının, cinsinin, döneminin ayrıca üründen alınan verimin ve üretim masraflarının parsel bazında kayıt altına alındığı ve sayısal haritalar üzerine işlendiği bir sistemin kurulması sağlıklı veriye ulaşma konusunda önemli bir adım olacaktır.

Tarım alanları dışındaki alanlara ait TP katsayıları belirlenirken, literatür taraması yapılarak farklı çalışmalarda kullanılmış olan katsayılar dikkate alınmıştır. Oysaki, her havza kendine has özelliklere sahip olduğundan bu katsayıların deneysel çalışmalar ya da havza modellemesi yapılarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, zaman ve bütçe sınırlamasından dolayı deneysel çalışmalar yaparak gerçek yüklerin belirlenmesi mümkün olamamıştır. Yayılı kirlilik yüklerini hesaplayan modellerin toprak özellikleri, jeolojik özellikler, meteorolojik veriler, vb. gibi pek çok veriye ihtiyaç duyması sebebiyle bu modeller sağlıklı ve yeterli veri bulunmayan havzada uygulanamamıştır. Ancak ileriki dönemlerde bu ihtiyacın karşılanması durumunda bu modeller kullanılarak ya da deneysel çalışmalar yapılarak yeni yük katsayıları hesaplanabilir ve bulunan sonuçlar güncellenebilir.

Ülkemizde hayvancılık yaygın olarak yapılmasına rağmen, kayıtlı işletmelerin hayvan başına elde ettikleri verim, kullanılan yem miktarı, sütün nasıl değerlendirildiği, işletmelerin yem, elektrik, su, veteriner masrafları gibi pek çok bilgi kayıt altına alınmadığı için sorgulanamamaktadır. Bu sebeple, büyükbaş hayvancılıktan elde edilen EG değerini hesaplayabilmek için farklı zamanlarda ve farklı alanlarda yapılan çalışmalar incelenmiş, bu çalışmalardan elde edilen veriler 2012 yılına güncellenmiş ayrıca işletme sahipleri ve bölgede görev yapan veteriner hekimlerden alınan bilgiler ışığında hesap yapılmıştır. Küçükbaş hayvancılıkla ilgili daha önce yapılmış yeterli çalışma bulunmadığı için işletme sahipleri ile anket çalışması yapılarak EG değeri hesaplanmıştır. Tavuk çiftliklerinden elde edilen EG

değerini belirleyebilmek için çiftlik sahipleri ile görüşülerek veri toplanmış ve bu veriler kullanılarak hesap yapılmıştır. İşletmelerin güncel hayvan sayılarının ve gelir gider kalemlerinin yetkili bir kurum tarafından kayıt altına alınması gerektiği düşünülmektedir.

Çalışmanın yapıldığı sırada baraj inşa aşamasında ve GİOSB plan aşamasında olduğundan bu karar değişkenleri ile ilgili net bir ekonomik getiri verisi temin etmek mümkün olmamıştır. Bu sebeple bu iki değişkene ait kurumlardan alınan raporlardaki başlıca gelir gider kalemlerinden yararlanılarak yaklaşık da olsa bir ekonomik getiri değeri hesaplanarak bu değişkenler çalışmaya dahil edilmiştir.

Bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda gerekli verilerin alınabilmesi durumunda, tarım alanlarında verimi arttıran ya da maliyeti düşüren yeni uygulamalar yapıldığında ürünler için hesaplanacak yeni EG değerleri ve organik tarım gibi TP katsayısını azaltacak yeni bir uygulama yapıldığında belirlenecek yeni TP katsayıları ile havza yeniden planlanabilir. Ayrıca, başka bir bölgede ya da ülkede yetişen ancak iklim ve toprak şartları olarak havzada da yetişme imkanı olan bir yeni bir tarım ürünü, seracılık ya da farklı bir hayvancılık faaliyeti karar değişkeni olarak eklenerek oyuncuların bu değişkenlere nasıl tepki vereceği bu değişkenlerin havzada yer bulup bulamayacakları araştırılabilir.

Elde edilen sonuçlar, havza yönetimi konusunda ilk basamak olan sorunun kaynağını tespit etme konusunda karar vericilere yardımcı olmasının yanında, sorunun çözümü için izlenecek yöntemle ilgili en uygun alternatifi seçerek paydaşları ortak bir noktada buluşturmak konusunda fikir sunması açısından da önemlidir. Bu sebeple; Türkiye'de, havza yönetimi alanına ilk defa uygulanan Oyun Teorisi ve Bulanık Mantık uygulamalarının başarılı olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abaci O., Papanicolaou A. N., (2007), "Identifying the equilibrium conditions for an agricultural Iowa catchment using the Water Erosion Prediction Project (WEPP) model", Proceeding of ASCE World Environmental and Water Resources Congress: Restoring Our Natural Habitat, 1-12, Tampa, Florida, United States, 15-19 May.

Aksoy Y., Özkan E. M., Karanfil S., (2003), "Bulanık Mantığa Giriş", 4. Baskı, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları.

Albayrak Ö., (2003), "Refah İktisadının Teorik Temelleri: Piyasa ve Refah İlişkisi" Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi.

Aldawod M., Samali B., Naghdy F., Kwok K. C. S., (2001), "Active control of along wind response of tall building using a fuzzy controller", Engineering Structures, 23(11), 1512–1522.

Baffaut C., Chameau J. L., (1990), "Estimation of pollutant loads with fuzzy sets", Cioil Engineering Systems 7(1), 51-61.

Burt O. R., (1964), "Optimal resource use over time with an application to groundwater", Management Science, 11(1964), 80-93.

Chang N. B., Wang S. F., (1995), "Managerial fuzzy optimal planning for solid waste management systems", Journal of Environmental Engineering, 122(7), 649-658.

Chang N. B., Wang S. F., (1997), "A fuzzy goal programming approach for the optimal planning of metropolitan solid waste management systems", European Journal of Operational Research, 99(2), 303-321.

Chang N. B., Wen C. G., Chen Y. L., (1997), "Theory and Methodology A fuzzy multi-objective programming approach for optimal management of the reservoir watershed", European Journal of Operational Research, 99, 289-302.

Chen Y. D., (2004), "Watershed modeling: where are we heading?", Environmental Informatics Archives, 2, 132-139.

Civalek Ö., (1999), "Dairesel Plakların Nöro-Fuzzy Tekniği ile Analizi", Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 1(2), 13-31.

Çağlar M., (2002), "Oligopollistik Piyasalarda Karar Alma Süreçleri ve Oyun Teorisi", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi.

ÇŞB, (2010), Kandıra, Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Çevre Etki Değerlendirme Raporu Başvuru Dosyası, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

ÇŞB, 2011, Kandıra Namazgah Barajı, Terfi İstasyonu, Terfi Hattı Projesi, Malzeme Ocakları, Kırma-Eleme Tesisi, Beton Santrali Tesisi Dahil Çevre Etki Değerlendirme Nihai Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

Dawei H., Jingsheng C., (2001), "Issues, Perspectives and Need for Integrated Water shed Management in China", Environmental Conservation, 28(4), 368-377.

Davila E., Chang N. B., Diwakaruni S., (2005), "Landfill space consumption dynamics in the lower Rio Grande valley by grey integer programming-based games" Journal of Environmental Management, 75, 353–365.

Deidda D., Andreu J., Pérez M. A., Sechi G. M., Zucca R., Zuddas P., (2009), "A cooperative game theory approach to water pricing in a complex water resource system", 18th World Interfacing The Mathematical And Computational Sciences With Modelling And Simulation Applications Congress, 3252-3258, Cairns, Australia, 13-17 July.

Deletic A., (2001), "Modeling of water and sedimeny transport over grassed areas", Journal of Hydrology, 248, 168-182.

Duckstein L., Opricovic S., (1980), "Multiobjective optimization in river basin development", Water Resources Research., 16(1), 14-20.

Esen E., (2001), "Oyun Kuramı Çerçevesinde Tam Bilgili Oyunlar", Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi.

Evren R., Ülengin F., (1992), "Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme", 1. Baskı, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.

Fortin J. P., Turcotte R., Massicotte S., Moussa R., Fitzback J., Villeneuve J. P., (2001), "A distributed watershed model compatible with remote sensing and GIS data. I: Description of model", Journal of Hydrologic Engineering, 6(2), 91-99.

Frisvold G. B., Caswell M. F., (2001), "Transboundary water management Game-theoretic lessons for projects on the US–Mexico border", Agricultural Economics 24,101-111.

Gershon M., Duckstein L., (1983), "Multi objective approaches to river basin planning", Journal of Water Resources Planning Management, 109(1), 13-28.

Gibbons R., (1997), "An introduction to applicable game theory", Journal of Economic Perspectives, 11, 127–149.

Gonce H., (2005), "Çok Amaçlı Bulanık Lineer Taşıma Problemi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Gündüz O., Dağdeviren M., (2011), **"**Bafra İlçesinde Süt Maliyetinin Belirlenmesi ve Üretimi Etkileyen Faktörlerin Fonksiyonel Analizi", Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 21(2), 104-111.

Harper D., (1992), “Eutrophication of Freshwaters: Principles, Problems and Restoration”, 1th Edition, Chapman & Hall.

İnci Ç., (2009), “Oyun Teorisi”, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi.

İSKİ, (1993), “Ömerli ve Elmalı Çevre Koruma Projesi, Fizibilite Çalısması, Gelisme Raporu”, İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi.

Julien B., (1994), “Water quality management with imprecise information”, European Journal of Operational Research, 76, 15-27.

Kacar B., Katkat V., (1997), “Tarımda Fosfor”, 1. Baskı, Bursa Ticaret Odasi Yayınları.

Kafadar T., (2002), “Stratejik Dıs Ticaret Politikaları ve Teknoloji Transveri”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Karpuzcu M., Wendland F., Kocal M., Tetzlaff B., Pekdeger A., Oncel S., Voigt H., (2006), “Preliminary investigation on integrated modelling of nutrient loads in catchment areas. A case study : The Porsuk Reservoir Catchment”, 10th International Specialised Conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin Management, 530-560, Istanbul, Turkey, 18-22 September.

Kennedy P. L., Atıcı C., (1999), “A game theoretic analysis of Turkish accession to a European customs union”, Agricultural and Resource Economics Review, 28(2),147-157.

Kite G. W., Pietrorino A., (1996), “Remote sensing applications in hydrological modelling”, Hydrological Sciences Journal, 41(4), 563-587.

Koo H. J., Shin H.S., Yoo H. C., (1991), “Multi-objective siting planning for a regional hazardous waste treatment center”, Waste Management and Research, 9, 205-218.

Kuyululu Ç. Y. K., (2009), “Avrupa Birliği’nde Süt Üretiminde Kota Uygulamalarının Gelişimi ve Sistemin Türkiye’ye Uyarlanması”, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.

Lai Y. J., and Hwang C. L., (1996), “Fuzzy Multiple Objective Decision Making: Methods and Applications”, 2nd Edition, Springer-Verlag.

Latinopoulos D., (2009), “Multicriteria decision-making for efficient water and land resources allocation in irrigated agriculture”, Environment Development and Sustainability, 11, 329–343.

Lee C. F., (1996), “Watershed modeling and flood routing for safety assessment of an existing dam”, Journual of Water Resources Planning And Management, 122(5), 334-341.

Lee C. S., Chang S. P., (2005), “Interactive fuzzy optimization for an economic and environmental balance in a river system”, Water Research, 39(1), 221-231.

Lee C. S., (2012), “Multi-objective game-theory models for conflict analysis in reservoir watershed management”, Chemosphere, 87(6), 608-13.

Little I. M. D., (1957), “A Critique of Welfare Economics”, 2nd Edition, Oxford University Press.

Lund J. R., Ferreira I., (1996), “Operating rule optimization for Missouri River reservoir system”, Journal of Water Resources Planning and Management, 122(4), 287-295.

Lund J. R., Palmer R. N., (1997), “Water resource system modeling for conflict resolution”, Water Resources, 3(108), 70–82.

Madani K., (2010), “Game theory and water resources”, Journal of Hydrology, 381(3-4), 225-238.

Maneta M. P., Torres M. O., Wallender W. W., Vosti S., Howitt R., Rodrigues L., Bassoi L. H., Panday S., (2009), “A spatially distributed hydroeconomic model to assess the effects of drought on land use, farm profits, and agricultural employment”, Water Resources Research, 45, 1-19.

Makowski M., Somlyody L., Watkins D., (1996), “Multiple criteria analysis for water quality management in the Nitra Basin”, Water Resources Bulletin, 32, 937–947.

MARKA, (2011), Kandıra, Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Görüşü, Doğu Marmara Kalkınma Ajansı.

Mirowski P., (1992), “What Were von Neumann and Morgenstern Trying to Accomplish?”, In R. Weintraub, Editor, “Toward a History of Game Theory”, History of Political Economy.

Miran B., (2005), “Uygulamalı İşletme Planlaması”, Geliştirilmiş 2. Baskı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü.

Mirchi A., Watkins D, Jr., Madani K., (2009), “Modelling for Watershed Planning, Managenent, and Decision Making”, In: J.C. Vaughn, Editor, “Watersheds: Management, Restoration and Environmental”, Nova Science Publishers.

Mumcu C., Kahramaner Y., (2004),”Oyun Teorik Yaklaşımla 1998 Türkiye-Suriye Krizinin Analizi”, İstanbul Ticaret Üniversitesi Dergisi, 6,117-151.

Murat H., (2011), “Ege ve Orta Anadolu Bölgesi Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliğine Bağlı Süt Sığırcılık İşletmelerinin Ekonomik Analizi”, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi.

Nandalal K. D. W., Simonovic S. P., (2003), “State-of-the-art report on systems analysis methods for resolution of conflicts in water resources management”, 4th Edition, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization İnternational Hydrological Programme Publication.

Nash J. F., (1950), “Non-Cooperative Games”, Doktoral Thesis, Princetan University.

Nicholson W., (1998), “Microekonomic Theory: Basic Principles and Extensions”, 7th Edition, Drydan Press.

Osborne M., Rubinstein A., (1994), “A Course of Game Theory”, 1th Edition, Mit Press.

Özden K., (1989), “Yöneylem Araştırması”, 1. Baskı, Hava Harp Okulları Yayınları.

Özdil T., (1998), “Ekonomik Problemlerin Çözümünde Oyun Kuramının Yeri: Finansal Piyasalarda Bir Uygulama”, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.

Öztürk A., (1997), “Yöneylem Araştırması”, 5. Baskı, Ekin Kitapevi.

Öztürk İ., Tanık A., Çokgör E., Gürel M., Mantas E., İnsel G., Özabalı, A., (2007a), “Havza Koruma Eylem Planı Nihai Raporu, Büyük İstanbul Su Temini Melen Sistemi II. Merhale Projesi Büyük Melen Havzası Entegre Koruma ve Su Yönetimi Master Planı”, Rapor No:2, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.

Öztürk İ., Tanık A., Seker D. Z., Alp K., Gürel M., Ertürk A., Ekdal A., Tavsan Ç., Zorlutuna Y., (2007b), “Su Kalitesi Nihai Fizibilite Raporu, Büyük İstanbul Su Temini Melen Sistemi II. Merhale Projesi Büyük Melen Havzası Entegre Koruma ve Su Yönetimi Master Planı”, Rapor No:1, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.

Pareto V., (1971), “Manual of Political Economy”, 1th Edition, Augustus Kelley Publishers.

Parrachino I., Zara S., Patrone F., (2006), “Cooperative Game Theory and Its Application to Natural, Environmental, and Water Resource Issues: 1. Basic Theory”, 1th Edition, World Bank Policy Research Working Paper.

ResGaz 1, (2012), İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik, 29.06.2012 tarih ve 28338 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 2, (2004), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete.

Raquela S., Ferencb S., Emery Jr. C., Abrahama R., (2007), “Application of game theory for a groundwater conflict in Mexico”, Journal of Environmental Management 84, 560-571.

Rogers P., (1969), “A game theory approach to the problems of international river basins”, Water Resources Research. 5(4), 749-760.

Ryu J. H., Palmer R. N., Jeong S., Lee J., Kim Y., (2009), “Sustainable water resources management in the conflict resolution framework”, Journal of the American Water Resources Association, 45(2), 485-499.

Saatçi Y., İpek U., Tanyıldızı S., Çınarcı B., (1999), “Keban Barajı Gölü Uluova Bölgesi’nde Trofik Seviyenin Belirlenmesi Üzerine Bir Arastırma”, Su Kirliliği Kontrolü Dergisi, 9(3), 41-49.

Sakawa M., (1993), “Fuzzy Sets and Interactive Multiobjective Optimization”, 1th Edition, World Bank Policy Research Working Paper.

Schreider S., Zeephongsekul P., Fernandes M., (2007), “A game-theoretic approach to water quality management." International Congress on Modelling and Simulation, Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand, 2312-2318, Christchurch, New Zealand, 1-31December.

Singh V. P., Woolhiser D. A., (2002), “Mathematical modeling of watershed hydrology”, Journal of Hydrogic Engineering., 7(4), 270-292.

Slowinski R., (1986), “A multicriteria fuzzy linear programming method for water supply system development planning”, Fuzzy Sets and Systems, 19, 217-237.

Sönmez S., (1987), “Kamu Ekonomisi Teorisi”, 1. Baskı, Teori Yayınları.

Stevens B. H., (1961), “An application of game theory to a problem in location strategy”, Papers and Proceedings of the Regional Science Association, 7, 143-157.

Şahin A., (2008), “Risk Koşullarında Tarım İşletmelerinin Planlanması: Oyun Teorisi Yaklaşımı”, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi.

Tandoğan M., (2006), “Afyonkarahisar Süt Sığırcılık İşletmelerinde Karlılık Analizi İle İşletmelerde Karşılaşılan Üretim ve Pazarlama Sorunları”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi.

Tanık A., (2007), “Integrated Watershed Management”, 1. Baskı, İstanbul Teknik Üniversitesi Ders Notları.

UN, (1997), “Guidelines and Manual Land-Use Planning and Practices in Watershed Manegement and Disaster Reduction”, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific United Nations.

Uysal A. B., Bölen F., (2006), “Su havzasında planlama ve oyun teorisi”, İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi, 5(2), 189-198.

Ülker E., Çomak E., (2004), “İki Boyutta Verilen 4 Kontrol Noktasına Göre Bulanık Mantık Kullanılarak Eğri Uydurulması”, IJSIT Lecture Notes of 1st International Conference on Informatics, 129 – 133, Türkiye, 1-30 September.

Vollenweider R.A., (1976), “Advances in Deffining Critical Loading Levels for Phosphorus in Lake, Eutrophication”, Memorie Istituo Italiano Idrobiol, 33, 53-83.

Volk M., Hirschfeld J., Dehnhardt A., Schmidt G., Bohn C., Liersch S., Gassman P. W., (2008), “Integrated ecological-economic modelling of water pollution abatement management options in the Upper Ems river basin”, Ecological Economics Special Issue Integrated Hydro-Economic Modelling, 66, 66-76.

Von Neumann J., Morgenstern O., (1944), “Theory of Games and Economic Behavior”, 1th Edition, Princeton University Press.

Web 1, (2004), http://www.agri.ankara.edu.tr/economy/1306_oyunteorisi.pdf, (Erişim Tarihi: 30/03/2015).

Ward F. A., Pulido V. M., (2008), “Efficiency, equity, and sustainability in a holistic water quantity- quality optimization model in the Rio Grande basin”, Ecological Economics, Special Issue, Integrated Hydro-Economic Modelling, 66, 23-37.

Xiang W. N., Gross M., Fabos J. G., MacDougll E. B. (1992), “A fuzzy-group multicriteria decision making model and its application to land use planning”, Environment and Planning B: Planning and Design, 19, 61-84.

Yurtcu Ş., Uygunoğlu T., İçağa Y., (2006), “Yeraltı Suyu İle Diğer Meteorolojik Değişkenler Arasındaki İlişkinin Bulanık Mantıkla Modellenmesi”, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimler Dergisi, 12(2), 61-70.

Zadeh L. A., (1965), “Fuzzy Sets”, Information and Control, 8, 338-353.

Zimmermann H. J., (1993), “Fuzzy Set Theory and its Applications”, 6th Edition, Kluwer Academic Publishers.

ÖZGEÇMİŞ

Nadire Üçler, 1980 yılında Konya'da doğdu. 1998 yılında başladığı Selçuk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünü 2002 yılında birincilik derecesi ile bitirdi. 2004 yılında Selçuk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Hidrolik Anabilim Dalında Yüksek Lisansını tamamladı. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, İSU Genel Müdürlüğü ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi Projeler Daire Başkanlığında proje ve kontrol mühendisliği yaptı. Halen Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, İmar ve Şehircilik Daire Başkanlığında görev yapmaktadır.

EKLER

Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

Ucler N., Engin G., Kocken H. G., Oncel S., (2015), "Game Theory and Fuzzy Programming Approaches for Bi-objective Optimization of Reservoir Watershed Management: A Case Study in Namazgah Reservoir", Environmental Science and Pollution Research, Online published, 1-13.