



**T.C. İSTANBUL TİCARET
ÜNİVERSİTESİ**

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK AMAÇLI ÇOK DÖNEMLİ TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIMI:
BİYODİZEL YAKITLAR ÜZERİNE UYGULAMA**

Enis Barış KARAKOÇ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Berk AYVAZ

Eş Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman KUŞAKCI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
İSTANBUL - 2018**

KABUL VE ONAY SAYFASI

Enis Barış KARAKOÇ tarafından hazırlanan "Çok Amaçlı Çok Dönemli Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı: Biyodizel Yakıtlar Üzerine Uygulama" adlı tez çalışması 6.../7/18 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde başarı ile savunularak, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.


Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Berk AYVAZ
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Sibkat KAÇTIOĞLU
İstanbul Ticaret Üniversitesi



Jüri Üyesi

Doç,Dr. Nezir AYDIN
Yıldız Teknik Üniversitesi



Onay Tarihi : 23./7/2018


Prof. Dr. Necip ŞİMŞEK
Enstitü Müdürü

AKADEMİK VE ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

06/07/2018

Tarih



İmza

Enis Barış KARAKOÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	iii
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER.....	viii
ÇİZELGELER.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	6
3. YENİLENEBİLİR ENERJİ TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIMI.....	14
3.1. Yenilenebilir Enerji	14
3.1.1. Güneş Enerjisi.....	14
3.1.2. Hidroenerji	15
3.1.3. Rüzgâr Enerjisi.....	15
3.1.4. Jeotermal Enerji.....	15
3.1.5. Dalga Enerjisi.....	16
3.1.6. Biyokütle Enerjisi.....	16
3.1.6.1. Biyoetanol.....	17
3.1.6.2. Biyogaz.....	17
3.1.6.3. Biyodizel.....	18
3.2. Tedarik Zinciri Yönetimi	19
3.3. Yenilenebilir Enerji Tedarik Zinciri	21
4. METODOLOJİ	23
4.1. Karma Tamsayı Doğrusal Programlama	23
4.2. Hedef Programlama	24
4.2.1. Hedef Programlamanın Tanımı ve Tarihsel Gelişimi.....	25
4.2.2. Hedef Programlamanın Varsayımları ve Bileşenleri.....	26
4.2.2.1. Karar Değişkenleri.....	26
4.2.2.2. Sapma Değişkenleri.....	26

4.2.2.3. Amaç Fonksiyonu.....	26
4.2.2.4. Kısıtlayıcılar	27
4.2.3. Hedef Programlama Türleri.....	27
4.2.3.1. Tek Hedefli Programlama	27
4.2.3.2. Eşit Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama.....	28
4.2.3.3. Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama	28
4.2.3.4. Öncelikli Çok Hedefli Programlama	28
4.2.3.5. Ağırlıklı-Öncelikli Çok Hedefli Programlama.....	29
4.2.4. Hedef Programlama Modelinin Genel Gösterimi.....	29
5. PROBLEMİN TANIMI VE MODELİN FORMÜLASYONU.....	32
5.1. Önerilen Matematiksel Modelin Formülasyonu	33
5.2. Önerilen Matematiksel Modelin Formülasyonu	45
6. UYGULAMA.....	48
6.1. Türkiye’de Biyodizel.....	48
6.2. Veri Toplama	49
6.3. Bulgular	53
6.4. Duyarlılık Analizi.....	57
7. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER.....	60
KAYNAKLAR.....	63
EKLER.....	68
EK A. Maliyet Amaç Fonksiyonuna Ait Doğrusal Programlama GAMS Kodları	68
EK B. Çevresel Etki Amaç Fonksiyonuna Ait Karma Tamsayı Doğrusal Programlama GAMS Kodları.....	78
EK C. Ağırlıklı Çok Amaçlı Hedef Programlama GAMS Kodları	92
EK D Modelin GAMS Sonuçları	106
ÖZGEÇMİŞ.....	111

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BIYODİZEL YAKITLAR İÇİN ÇOK DÖNEMLİ TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIMI: TÜRKİYE ÖRNEĞİ

Enis Barış KARAKOÇ

İstanbul Ticaret Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Berk AYVAZ

Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman KUŞAKCI

2018, 111

Dünya üzerindeki tüketilmekte olan enerjinin büyük çoğunluğu yenilenemez enerji kaynaklarından olan fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (UEA) verilerine göre dünya üzerindeki artan petrol talebini karşılayabilecek petrol rezervi 1,7 trilyon varil civarında olup bu miktar yaklaşık 51 yıllık tüketimi karşılayabilmektedir. Tüm fosil yakıtlar gibi petrolün de yanma esnasında açığa çıkardığı zararlı gazların etkisiyle çevre kirliliğine ve küresel ısınmaya yol açtığı bilinen bir gerçektir. Bu nedenle alternatif enerji kaynakları yakın gelecekte daha büyük önem kazanacaktır. Alternatif enerji kaynakları araştırıldığında Biyokütle enerjisinin öneminin büyüklüğü görülmektedir. Biyodizel, fosil yakıtlar için olabilecek en iyi ikame yakıt türü olmasından dolayı en çok kullanılan sıvı biyoyakıtlardandır. Biyoyakıtların üretilmesi ve yenilenebilir enerjiler arasında önemli bir yere sahip olabilmesi için ilk aşamada maliyet etkin bir tedarik zinciri tasarlanması gerekmektedir. Bu çalışmada biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı için maliyet minimizasyonu amaçlayan birçok periyotlu karma tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model; tesis lokasyon seçimi, biyorafineride kullanılacak uygun teknoloji ve malzeme akış miktarı gibi karar değişkenlerini içermektedir. Bu çalışmanın en önemli özgül katkısı mevcut yazın taramamıza göre konu ile ilgili Türkiye'de uygulaması yapılmış ilk çalışma olmasıdır. Geliştirilen modelin geçerliliğini test etmek için Türkiye'de biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı probleminin gerçek veriler kullanılarak çözümü yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, çevresel etki, optimizasyon, tedarik zinciri ağ tasarımı.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

A MULTI-PERIOD A MULTI-PURPOSE SUPPLY CHAIN NETWORK DESIGN: APPLICATION ON BIODIESEL FUELS

Enis Barış KARAKOÇ

**İstanbul Commerce University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Industrial Engineering**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Berk AYVAZ

Co-Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ali Osman KUŞAKCI

2018, 111

A major portion of energy consumed worldwide is derived from non-renewable energy sources. According to the International Energy Agency (IEA), the oil reserves that can meet the rising global oil demand around 1.7 trillion barrels, which may last about 51 years. Like all fossil fuels, petroleum is a well-known cause of pollution and global warming due to the harmful gases it releases. At this point, biomass energy emerges as a promising alternative energy source. Among alternative biomass products, biodiesel is the most widely used liquid biofuel as substitute fuel type for fossil fuels. Obviously, designing a cost effective supply chain is an essential component of a sustainable energy policy that aims to successfully substitute biodiesel for fossil fuels. In this study, we develop a mixed integer linear programming model minimizing the cost of supply chain network of biodiesel. The proposed model optimizes locations of processing facilities, technology to be used in bioprocessing, and amount of material flow. The main contribution of this work is that it will be the first study dealing with the Turkish Biodiesel supply chain, to the best of our knowledge. To prove the validity of the model, a country-wide supply chain network for biodiesel is designed using real data collected from Turkish market.

Keywords: Biodiesel, environmental impact, optimization, supply chain network design.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için Beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda her zaman yardımcı olan değerli Danışman Hocam Dr. Öğr. Üyesi Berk Ayvaz ve destekleriyle hep yanımda olan Dr. Öğr. Üyesi Ali Osman Kuşakcı ile Dr. Öğr. Üyesi Fatih Öztürk hocamıza sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden hiç esirgemeyen ve her zorlukta yanımda olan Sevgili Annem Filiz Karakoç, Babam Cengiz Karakoç, Kardeşim Ali Burak Karakoç ve biricik Anneannem Suphiye Karayağız başta olmak üzere tüm aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ayrıca tezimin her aşamasında yardımlarını benden esirgemeyip, tüm vaktini benim için feda edip, değerli fikirleri ile şahsımı aydınlatan ve manevi anlamda desteğini hayatım boyunca en derinden hissettiğim eşim Melike Sırakaya Karakoç'a çok teşekkür ederim.

Üniversitemiz Yayın, Araştırma ve Proje Koordinasyon Kurulu tarafından 31.06.2017 tarihinde 14-2017/19 karar no onaylanan 'Biyodizel Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı' projesi ile tezimi maddi olarak destekleyen İstanbul Ticaret Üniversitesi Yayın Araştırma ve Proje Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Enis Barış KARAKOÇ
İSTANBUL, 2018

ŞEKİLLER

	Sayfa
Şekil 3.1. Yenilenebilir enerji tedarik zinciri ağ tasarımı	22
Şekil 5.1. Biyodizel tedarik zinciri akış şeması.....	32
Şekil 6.1. Tarla ve tesisler için aday iller	49
Şekil 6.2. Model tarafından açılmasına karar verilen tarla ve tesisler.....	53
Şekil 6.3. Jatropha ekimi için seçilen uygun iller ve bu illere ait tarla alanı	55
Şekil 6.4. Her yıl için toplama ve ön işleme merkezi kurulumu için seçilen iller ve yıllık üretim kapasiteleri.....	55
Şekil 6.5. Her yıl için farklı teknolojili biyorafineri kurulumu için seçilen iller ve yıllık üretim kapasiteleri.....	56
Şekil 6.6. Her yıl için biyodizel müşteri dağıtım merkezi kurulumu için seçilen iller ve yıllık üretim kapasiteleri.....	56
Şekil 6.4.2. Kapasite değerlerine ait duyarlılık analizi grafiği	58
Şekil 6.4.3. Önem derecelerine ait duyarlılık analizi grafiği	59
Şekil 7.1. Biyodizel üretim süreci	61

ÇİZELGELER

	Sayfa
Çizelge 1.1. Biyodizel yakıt türleri	3
Çizelge 1.2. AB Ülkeleri biyodizel tüketim hedefleri.....	4
Çizelge 3.1. Tedarik zinciri yönetiminde yapılan çalışmalar	21
Çizelge 6.1. Yıllara göre biyodizel müşteri dağıtım merkezlerinin biyodizel talebi	50
Çizelge 6.2. Yıllara göre gliserin müşteri merkezinin gliserin talebi.....	50
Çizelge 6.3. Dönüşüm faktörü	50
Çizelge 6.4. Tarla açmanın hektar başına sabit maliyeti	51
Çizelge 6.5. Toplama ve ön işleme merkezi açmanın sabit maliyeti.....	51
Çizelge 6.6. Biyodizel müşteri dağıtım merkezi açmanın sabit maliyeti.....	51
Çizelge 6.7. Farklı teknolojide biyorafineri açmanın sabit maliyeti.....	52
Çizelge 6.8. Parametrelerin çevreye saldıkları CO2 etkisi	52
Çizelge 6.8. Periyotlara göre tarlalarda üretilebilen jatropha miktarı	54
Çizelge 6.9. Periyotlara göre BDX1000 teknoloji biyorafinerilerde üretilen ürün miktarı	54
Çizelge 6.10. Periyotlara göre toplama ve ön işleme merkezlerinde üretilen jatropha yağı miktarı	54
Çizelge 6.4.1. Taşıma maliyetleri için duyarlılık analiz sonuçları.....	57
Çizelge 6.4.2. Üst kapasite değerlerine ait duyarlılık analizi sonuçları	58
Çizelge 6.4.3. Önem derecelerine ait duyarlılık analizi sonuçları	59
Çizelge EK D.1. Farklı teknoloji biyorafineri açma kararı	106
Çizelge EK D.2. Toplama ve ön işleme merkezleri jatropha stok düzeyi	106
Çizelge EK D.3. Biyorafineri biyodizel stok düzeyi	106
Çizelge EK D.4. Biyorafineri gliserin stok düzeyi	106
Çizelge EK D.5. Tarlalarda üretilebilen jatropha miktarı	107
Çizelge EK D.6. Biyorafinerilerde üretilebilen biyodizel miktarı.....	107
Çizelge EK D.7. Biyorafinerilerde üretilebilen gliserin miktarı	107
Çizelge EK D.8 Toplama ve ön işleme merkezlerinde üretilebilen jatropha yağı miktarı	107
Çizelge EK D.9. Biyorafineriden biyodizel dağıtım merkezlerine taşınan biyodizel miktarı	108

Çizelge EK D.10. Kocaeli biyorafineriden biyodizel dağıtım merkezlerine taşınan gliserin miktarı.....	108
Çizelge EK D.11. Mersin biyorafineriden biyodizel dağıtım merkezlerine taşınan gliserin miktarı.....	109
Çizelge EK D.12. Biyorafinerilere ait gerekli kapasite.....	109
Çizelge EK D.13. Biyodizel dağıtım merkezi gerekli kapasitesi	109
Çizelge EK D.14. Gliserin müşteri merkezinin gerekli kapasitesi	109
Çizelge EK D.15. Biyorafineri kapasite genişletme miktarı.....	110



SİMGELER VE KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AHP	Analitik Hiyerarşik Proses
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CH ₄	Metan
CO ₂	Karbon di Oksit
DHS	Bölgesel Isıtma Sistemleri
IEA	International Energy Agency
Kg	Kilogram
MILP	Karmaşık Tam Sayılı Doğrusal Programlama
MIP	Karmaşık Tam Sayılı Programlama
N	Nitrojen
TL	Türk Lirası
UEA	Uluslararası Enerji Ajansı
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

1. GİRİŞ

Dünyada, her geçen gün artmakta olan nüfus ve sanayileşme sonunda enerjiye olan talep her geçen gün artmaktadır. İnsan hayatının devam edebilmesi için çok önemli bir girdi olan enerji kullanışlarına göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olmak üzere iki kategoride sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları; devamlı olarak doğal süreçlerdeki mevcut enerji akışından elde edilen enerjidir. Yenilenebilir enerji çeşitleri; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerji, hidrojen enerjisi ve biyokütle enerjisidir. Yenilenemez enerji kaynakları ise; kısa vadede tükeneceği öngörülen fosil kaynaklı yakıtlardır. Yenilenemez enerji çeşitleri; kömür, petrol, doğalgaz, bor, linyit vb. yakıtlardan oluşmaktadır.

Dünya üzerindeki tüketilmekte olan enerjinin büyük çoğunluğu yenilenemez enerji kaynaklarının bir türü olan fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Son yıllarda otomotiv sektöründe hızla gelişen teknolojiler ve kişi başına düşen milli gelirdeki artış motorlu taşıt sayısındaki artışı da beraberinde getirmiştir. Motorlu taşıt sayısındaki bu artışlar da fosil yakıtlardan petrole olan talebi arttırmaktadır. Fakat Uluslararası Enerji Ajansı'nın (UEA) verilerine göre dünya üzerinde artan bu talebi karşılayabilecek azami petrol rezervi 1,7 trilyon varil civarında olup bu miktar yaklaşık 51 yıllık tüketimi karşılayabilmektedir. Ayrıca tüm fosil yakıtlar gibi petrolün de yanma esnasında açığa çıkardığı zararlı gazların etkisiyle çevre kirliliğine ve küresel ısınmaya yol açtığı bilinen bir gerçektir.

Tüik verilerine göre ülkemizde 2017 Temmuz ayındaki rakamlara göre 21 milyon 763 bin 103 araç trafiktir (TÜİK, 2017). Bu rakamın 2005 yılında sadece 11 milyon civarında olduğu göz önüne alınırsa ülkemizde otomotiv endüstrisinin ne kadar hızlı bir artış eğilimine girdiği gözlemlenebilir. Bunun sonucunda mevcut enerjisinin önemli bir kısmını ithal eden ülkemizde petrol talebinin ne denli yükselmekte olduğu aşikardır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı verilerine göre ülkemizde petrole olan talep 2016 yılsonu verilerine göre 27,6 milyon tondur. Üretilen petrol miktarı ise 17,9 milyon varildir. Petrolün büyük bir kısmını

yurtdışından ithal eden ÷lkemiz için alternatif enerji kaynaklarına yönelmek ekonomik gelişme açısından çok önemlidir.

Günümüzde kamu ve özel kuruluşlar üretim ve hizmet sistemlerinin tasarımında çevre ile ilgili toplumsal ve kamusal duyarlılığın artması neticesinde sürdürülebilirlik odaklı hareket etmektedirler (Temur vd., 2015). Sürdürülebilirliğin en önemli amacı Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun da tanımladığı gibi: "İnsanlığın, gelecek kuşakların gereksinimine cevap verme yeteneğini tehlikeye atmadan, günlük ihtiyaçlarını temin ederek, kalkınmayı sürdürülebilir kılma yeteneğine sahip olmasıdır."

Kaynak kirliliği ve yüksek enerji talebinin yanı sıra hava kirliliği, küresel ısınma, iklim değışiklikleri, yüksek yakıt fiyatları, gıda krizleri ile küresel ve ekonomik çalkantıların artması, yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına duyulan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Ekonomik genişlemeler, çevre koruma ve sosyal refah sağlayan sürdürülebilir ve uygulanabilir çözüme ulaşmak için; rüzgâr, hidrojen, güneş, biyokütle, dalga, gelgit ve jeotermal ısıdan elde edilen yenilenebilir enerjilere odaklanmayı zorunlu kılmaktadır (Azadeh vd., 2013). Biyodizel, fosil yakıtlar için olabilecek en iyi ikame yakıt türü olmasından ve Çizelge 1.1.'de gösterildiği gibi dizel yakıtlar ile her oranda karıştırılarak kullanılabilmesinden dolayı en çok kullanılan sıvı biyoyakıtlardandır. Biyoyakıtların üretilmesi ve yenilenebilir enerjiler arasında önemli bir yere sahip olabilmesi için ilk olarak maliyet etkin bir tedarik zinciri tasarlanması gerekmektedir. Çünkü bu alanda ilk kurulum maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle birçok firma bu sahada faaliyet gösterme fikrine sıcak bakmamaktadır. Bu dezavantajı bertaraf etmek için maliyet, çevre ve sosyal hedefleri aynı anda en iyilemeye çalışan bir tedarik zinciri tasarlanması çok büyük bir önemli haizdir. Bu şekilde etkili bir biyoyakıt tedarik zincirinin tasarımı biyoyakıtların fosil yakıtlara karşı ikame olabilme oranını geliştirmede önemli bir katkı da sağlayacaktır.

Çizelge 1.1. Biyodizel yakıt türleri (YEGM, 2018)

Biyodizel Türü	Yakıt Karışım Oranı
B5	%5 Biyodizel+%95 Dizel
B20	%20 Biyodizel+%80 Dizel
B50	%50 Biyodizel+%50 Dizel
B100	%100 Biyodizel

Biyodizel yakıtlar; yenilenebilir kaynaklardan türetilen, biyolojik olarak parçalanabilen, toksik olmayan ayrıca petrol türevlerine kıyasla daha elverişli bir yanma emisyon profiline sahip olan bitkisel veya hayvansal kaynaklı bir yakıt türüdür. Biyodizel yakıtlar bitkisel ve hayvansal yağlardan meydana gelmektedir. Temizlik, tıp, eczacılık ve kozmetik sektörlerinde kullanılmakta olan gliserin biyodizel üretimi esnasında yan ürün olarak açığa çıkmaktadır.

Bitkisel yağlardan üretilen biyodizel yenilenebilir ve yenilemeyen bitkilerden üretilebilmektedir. Yenilebilen yağlı tohum bitkileri biyodizel yapımında kullanılırsa dünya üzerinde büyük bir gıda krizi oluşur. Bunun yerine yenilenemeyen bitki sınıfına giren; jatropha, karanj tohumu, hint fıstığı ve mahua ile atık yağlar kullanılarak yapılan biyodizel üretimi dünya nüfusunun herhangi bir gıda krizi ile karşı karşıya gelmemesi açısından çok önemli bir husustur.

Biyodizelin üretilmesi ve yenilenebilir enerjiler arasında önemli bir yere sahip olabilmesi için ilk olarak maliyet etkin bir tedarik zinciri ağının tasarlanması gerekmektedir.

Tedarik zinciri ağı; üretici, tedarikçi, nakliyecisi, dağıtım merkezleri, perakendeci ve tüketici gibi tedarik zincirini oluşturan sistemler, alt sistemler, operasyonlar ve bunlar arasındaki ilişkileri inceleyen kompleks bir yapıdır (Paksoy, 2005).

Tedarik zinciri ağ tasarımı üretim tesislerinin, depo noktalarının, dağıtım ve müşteri merkezlerinin, yerleri, kapasiteleri, birimler arası taşıma kararları gibi hususlar belirlenerek optimum düzeye getirilmeye çalışılır. Tedarik zinciri ağ tasarımı problemi, tedarik zinciri yönetiminin genel performansını etkileyen

stratejik düzey kararlarla ilgilidir. Ayrıca, taktiksel kararlar olarak sınıflandırılan farklı dönemlerdeki üretim miktarı ve stok seviyesi gibi üretim planlama kararları, optimal çözümü elde edebilmek için stratejik düzey kararları ile entegre edilebilir.

Dünya üzerinde biyodizel yakıtların tercih edilebilirliğinin her geçen gün artmasıyla birlikte bir takım düzenlemelerde bulunulmuştur. Biyodizel yakıtlarla ilgili olarak dünya üzerindeki birçok ülkede bazı düzenlemelerde bulunulmuştur. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) 1992 Enerji Politikası Yasası'na göre; hafif ticari araçların %75'i alternatif yakıtlı araç olmak zorundadır. Ayrıca alternatif enerji kullanan hafif ticari araçlarda en az %20 oranında biyodizel içeren yakıt karışımı (B20) kullanılmalıdır. Avrupa Birliği (AB) ülkelerinden bazılarının 2003 yılına ait biyodizel tüketim oranları ile 2005 ve 2010 yılına ait biyodizel tüketim hedefleri Çizelge 1.2.'de gösterilmektedir.

Çizelge 1.2. AB Ülkeleri biyodizel tüketim hedefleri (Akman, 2015)

Ülke	2003 Yılı Biyodizel Tüketim Oranı (%)	2005 Yılı Biyodizel Tüketim Hedefi (%)	2010 Yılı Biyodizel Tüketim Hedefi (%)
Avusturya	0,06	2,5	5,75
Belçika	0	2	5,75
Kıbrıs	0	1	5,75
Çek Cumhuriyeti	1,12	3,7	5,75
Fransa	0,68	2	5,75
Almanya	1,18	2	5,75
Yunanistan	0	0,7	5,75
İtalya	0,5	1	2,5
Letonya	0,21	2	5,75
Litvanya	0	2	5,75
Hollanda	0,04	2	5,7
Polonya	0,49	0,5	5,75
Slovakya	0,14	2	5,75
İngiltere	0,03	0,3	3,5
İsveç	1,33	3	5,75

AB, Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (NREAP) doğrultusunda 2015 yılı için biyoyakıt tüketim hedefi %6.2, 2020 yılı hedefi ise; %9.3 olarak belirlenmiştir (Beurskens vd., 2012).

Biyodizel yakıtlarla ilgili ülkemizde de bir takım düzenlemelerde bulunulmuştur. Biyodizel kullanımı ile ilgili olarak Resmi Gazete de 27 Eylül 2011 tarih ve 28067 sayılı “Motorin Türlerine İlişkin Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ” yayınlanmış ve bu tebliğe göre piyasada kullanılan motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş biyodizel içeriğinin; 01/01/2014 tarihinden itibaren en az %0,1, 01/01/2015 tarihinden itibaren en az %0,2, 01/01/2016 tarihinden itibaren en az %0,3 ve 16/07/2017 tarihi itibarıyla ise en az %0,5 oranında olması zorunlu hale getirilmiştir.

Bu çalışmada maliyet minimizasyonunu ve çevresel etki optimizasyonunu hedefleyen biyodizel yakıtların tedarik zinciri ağ tasarımı için entegre bir çok amaçlı, çok periyotlu karmaşık tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Önerilen model; optimum yer, biyorafineride kullanılacak uygun teknoloji, malzeme akışı gibi karar değişkenlerini içermektedir. Model, enerji bitkisi tarlaları, toplama ve ön işleme merkezleri, biyorafineriler, dağıtım merkezleri ve müşteri bölgeleri dahil olmak üzere beş kademedendir oluşmaktadır. Modelin uygulaması, 4 yıllık planlamayla Türkiye’de gerçek veriler toplanarak yapılmıştır. Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde; yenilenebilir enerji tedarik zinciri ağ tasarımı, ardından literatür taraması yapılırken kullanılan metodoloji hakkında da bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde problem tanımı ve formülasyonuna yer verilmiştir. Altıncı bölümde modelin Türkiye uygulaması hakkında bilgilendirmede bulunulmuştur. Son bölümde ise sonuç ve değerlendirmeler aktarılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Yue vd. (2014), çalışmalarında biyoyakıt tedarik zincirlerinin modellenmesi ve optimizasyonundaki temel zorlukları ve fırsatları gözden geçirmiş ve tanımlamışlardır. Biyoyakıt tedarik zincirlerinde operasyonel, stratejik ve taktiksel kararların gözden geçirilmesine ek olarak, mevcut biyoyakıtların fosil yakıt rafinerileriyle entegrasyonu ile ilgili çalışmalarda bulunmuşlardır.

Banos vd. (2011), çalışmalarında matematiksel programlama yöntemleri, yaklaşık yöntemler, yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji alanında uygulanan sezgisel ve metasezgisel yöntemleri içeren farklı optimizasyon yöntemlerini incelemişlerdir.

Hoekman vd. (2012), yaptıkları çalışmada bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilen farklı biyodizel türlerinin özelliklerini ve bileşenlerini incelemişlerdir.

Mohseni vd. (2016), çalışmalarında mikroalg tabanlı tedarik zincirinin dizaynı ve planlaması için 2 aşamalı bir model önermişlerdir. Bu modelde biyodizel üretim tesislerinin kurulabilmesi için en uygun aday yerleri belirleyebilmek amacıyla CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) ve AHP (Analitik Hiyerarşik Proses) kullanılmıştır. İkinci aşamada ise, biyodizel tedarik zinciri için robust (gürbüz) programlama modeli önermişlerdir. Önerilen modelin İran'da gerçek verilerle uygulaması yapılmıştır.

Sajjadi vd. (2016), yenilebilir ve yenilemeyen bitkisel yağlı tohumlardan üretilen biyodizelin özellikleri hakkında kapsamlı bir çalışma yürütmüşlerdir.

Gupta, Agarwal vd. (2016), çalışmalarında düşük ve yüksek serbest yağ asidi içeren yenilebilir ve yenilemeyen bitkisel yağların karışımından elde edilen biyodizel yakıtlar ile ilgili araştırmada bulunmuşlardır.

Rincon vd. (2014), çalışmalarında biyodizel tedarik zincirinin en uygun koşullarını tekno-ekonomik ve çevresel analiz yoluyla incelemişlerdir. Lojistik

kısıtlamaların kullanımı, çevresel değerlendirme ve maliyet minimizasyonu yapılan çalışmada tahmin edilmiştir.

Bai vd. (2015), çalışmalarında iki aşamalı olarak hem kesin hem de sezgisel yöntemlerle çözümlenmeler kullanmışlardır.

Azadeh ve Arani (2016), İran'da biyodizel yakıtlar için tedarik zinciri ağ tasarım çalışmalarını yürütmüşlerdir. Açık döngü olarak tasarlanan ağ tek amaçlı ve karma tam sayılı doğrusal programlamaya göre modellenmiştir. Kurulan model deterministik olduğu için çözümde kesin yöntemler kullanılmıştır. Önerilen model GAMS yazılımının CPLEX çözücüsü ile çözülmüştür.

Ren vd. (2015), çalışmalarında belirsizlikler altında aralıklı doğrusal programlama ile açık döngü bir tedarik zinciri modellemişler ve tek amaçlı olarak modellenmiş belirsizliği giderebilmek için yaşam döngüsü analizleri gerçekleştirmişlerdir.

Azadeh vd., (2014), çalışmalarında bir biyorafineriye biyokütle sağlanması ve talep merkezlerine biyoyakıt nakliyesiyle ilgili zorlukları analiz etmektedirler. Beklenen karın azami düzeye çıkarılması için çok önemli bir planlama çerçevesinde bir stokastik doğrusal programlama modeli önerilmiştir. Model çok zamanlı, üretim-dağıtım sistemi, tesis yerleri ve kapasiteleri, teknoloji ve malzeme akışlarını ele almaktadır. Modelde var olan belirsizlikler nedeniyle karın nasıl değiştiğine ilişkin idari bilgiler edinebilmek için duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir.

Balaman ve Selim (2016), Türkiye için yaptıkları çalışmayla biyokütle bazlı yenilenebilir tedarik zincirinin ve bölgesel ısıtma sistemlerinin (DHS) sürdürülebilir tasarımı için kapsamlı bir karar modeli geliştirmişlerdir. Model biyokütle arzı, malzeme akışı, kapasite, talep ve teknik kısıtlamalar için maliyet ve hizmet seviyesi hedeflerini ve hesaplarını birleştirmektedir. Bu çalışmada problem, birden fazla biyokütle türü ve sistem belirsizliği içeren bulanık

karmaşık tamsayılı doğrusal programlama (MILP) modeli olarak formülize edilmiştir.

Jiang ve Zhang (2016), çalışmalarında genetik algoritma kullanarak sezgisel bir yöntemle çözümlene yapmışlardır.

Gold ve Seuring (2010), çalışmalarında biyoenerji üretimi ile lojistik ve tedarik zinciri yönetimi konularını kapsayan makalelerin literatür taramasını gerçekleştirmişlerdir.

Marufuzzaman vd. (2014), çalışmalarında iki aşamalı stokastik programlama modelini kullanarak biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı ve yönetimini sağlamışlardır. Geliştirilmiş modelin amacı sadece maliyetleri optimize etmek değil, aynı zamanda emisyonları da optimize etmektir.

Li ve Hu (2014), çalışmalarında gelişmiş bir biyoyakıt tedarik zinciri ağ tasarlamışlardır. Tasarlanan ağda biyokütle küçük ölçekli hızlı piroliz tesisinde biyoyağa dönüşmekte ve biyoyağ gazlaştırmadan sonra merkezi bir biyorafineride ulaşım yakıtlarına dönüştürülmüştür. Modelde iki aşamalı stokastik programlama, biyoyakıt üreticilerinin yıllık karını belirsizlik altında maksimize etmek için formülize edilmiştir.

Ahi ve Searcy (2015), çalışmalarında tedarik zincirindeki sürdürülebilirliği değerlendirmek için matematiksel bir model önererek, karşılaşılabilecek bir takım zorlukların üstesinden gelmek için literatüre katkıda bulunmaya çalışmışlardır.

Bat vd. (2015), çalışmalarında yerel biyoyakıt üretimini arttırmayı amaçlayan paydaşlar ve tespit edilen belirsizlikleri yönetmek için alınabilecek önlemleri araştırmışlardır.

Jiong ve Zhang (2015), çalışmalarında biyodizel tedarik zinciri tasarımına, atık yemek yağlarının hammadde olarak kullanılmasına odaklanmakta ve bir

karmaşık tamsayılı program kullanarak ekonomik ve çevresel optimizasyonu sağlamaktadırlar. Geliştirilmiş model dört seviyeden oluşmaktadır. Birinci seviye; bulunması gereken dağıtım merkezler ve fabrika sayısı, ikinci seviye; dağıtım merkezleri ve fabrikaların yeri, üçüncü seviye; atık pişirme yağının tedarik zinciri üyelerine tahsisi, dördüncü seviye ise; fabrikaların teknolojik seçim kararlarını vermektedir.

Zhang vd. (2015), çalışmalarında genel maliyeti en aza indirgeyecek bir biyoyakıt tedarik zinciri ağının tasarımını gerçekleştirmişlerdir. Modellerinde coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknolojisini, simülasyon ve optimizasyon modelleme metodlarıyla entegre edilmiş bir metodoloji kullanmışlardır. CBS tabanlı yöntemi biyoyakıt tesis yerlerinin seçimi için öncül olarak kullanmışlardır. Biyoyakıt üretimi için belirlenen aday alanlar, simülasyon ve optimizasyon modellemesi için girdi olarak kullanılmıştır. Simülasyon-optimizasyon modeli ve tanımlanan lokasyonlar, karar vericiler ve aday konumlar için optimum maliyet, enerji tüketimi ve emisyonları belirlemede entegre bir karar destek sistemi sağlamıştır.

Babazadeh vd. (2015), çalışmalarında risk altında 2. Nesil sürdürülebilir biyodizel tedarik zinciri ağını tasarlamak için çok amaçlı olasılıksal programlama modelini geliştirmişlerdir. Önerilen model hammadde tedarik merkezinden müşteri merkezlerine biyodizel tedarik zincirinin toplam maliyetlerini minimize etmeyi, bunun yanında çevresel etkiyi de minimize etmeyi amaçlamaktadır. Ayrıca bu çalışmada yenilenebilir olmayan hammaddelerin biyodizel üretimi için daha uygun olduğu savunulmuştur.

Sarkis ve Dhovole (2015), yaptıkları çalışmada sürdürülebilir tedarikçileri seçerken ve değerlendirirken tedarik zincirini üçlü bir yaklaşımla ele almak gerektiğini savunmuşlardır. Tedarikçilerin seçiminde bazılarının kar veya işletme operasyonlarına, diğer bir bölümünün gezegen ve çevreye, geriye kalanlarının ise insana ve sosyal sorumluluğa odaklandığını belirtmişlerdir.

Knothe ve Razon (2016), yaptıkları çalışmada biyodizel üretimini kısaca açıklamış ve bunun ardından biyodizel yakıt özellikleri ve değişen yağ asidi

profilleri ile besleme stoklarının etkisini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada biyodizel bileşiminin optimize edilmesi de ele alınmıştır.

Mata, Caetano v.d. (2013), çalışmalarında sürdürülebilirlik göstergelerine dayalı tedarik zinciri boyunca biyoyakıtlara sürdürülebilirlik değerlendirme metodolojisinin uygulanmasını göstermişlerdir. Ayrıca bu çalışmalarında ortak besleme stoklarından gelen biyodizel ve biyoetanol, başlıca rakipleri olan fosil dizel ve benzin ile hangilerinin sürdürülebilirlik açısından daha iyi olduğunu belirlemek amacıyla bir karşılaştırma yapılmıştır.

Bautista v.d. (2016), çalışmalarında biyodizel üretim zinciri için sürdürülebilirliğin önemi vurgulanmıştır. Çalışmada biyodizel endüstrisinin sürekli büyümesi, doğal arazi kullanımı değişikliği, su üzerindeki biyoçeşitlilik ve sosyal değerlerin sürdürülebilirlik ilgisi uyandırdığı belirtilmiştir.

Almansoori ve Shah (2011), çalışmalarında gelecekteki hidrojen tedarik zinciri ağının tasarımına yönelik erken atılımların çoğunun hidrojen talebindeki belirsizliklerden, matematiksel modelleme yaklaşımı kullanarak tek bir optimizasyon çerçevesine dahil edemediği için başarısız olduğunu savunmuşlardır. Yapılan çalışmada model senaryo bazlı bir yaklaşım kullanarak hidrojen talebindeki uzun vadeli değişimden kaynaklanan belirsizliği hesaba katacak şekilde genişletilmiştir. Modele ayrıca yakıt istasyonları ve hidrojenin yerel dağılımını içeren matrisler de eklenmiştir.

An, Wilhelm, Seochy (2011), çalışmalarında yetiştirme ve bozunma özelliklerine göre bazı ortak noktaları bulunan tarım ürünleriyle ilgili petrol esaslı yakıtlar ve modellemeyi sağlayan tedarik zinciri ağını gözden geçirmişlerdir.

Babazadeh (2016), çalışmasında gerçek veriler ile çok rnl ve çok periyotlu biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı modeli geliştirmiştir. Çalışmada biyodizel hammaddesi olarak yenilemeyen bitki tohumları ve atık yağlar kullanılmıştır.

Gangvar ve Sharma (2016), çalışmalarında bir demiryolu biyodizel tedarik zincirine ait riskleri tanımlamışlardır. Ayrıca bu riskler ile ilgili uygulanabilir stratejiler önermişlerdir.

Andersen vd. (2012), çalışmalarında arazi rekabeti ve alternatif hammaddeleri ele alarak, Arjantin için biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı modeli geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri model karma tam sayılı ve çok periyotlu bir modeldir.

Avami (2012), çalışmasında İran için kaynaklar, üretim, dağıtım ve tüketici de dahil olmak üzere biyodizel tedarik zincirini; tarımsal, teknik ve ekonomik yönden ele alan bir öneride bulunmuşlardır.

Leão, Hamacher, Oliveira (2011), çalışmalarında gerçek verilere dayanarak Brezilya için küçük çiftçilere dayalı biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı modelini geliştirmişlerdir.

Mohseni ve Pishvae (2016), çalışmalarında mikroalg tabanlı biyoyakıt tedarik zincirinin olası gelecekteki konfigürasyonunu tamamen kapsayan ve maliyet hafifletmeye katkıda bulunan yönetsel etkiler sunan toplu ve sürekli üretim sistemlerine dayandırılarak formüle edilmiş bir model geliştirmişlerdir.

Ivanov ve Stoyanov (2016), çalışmalarında sırasıyla ekonomik ve çevresel kriterlerini baz alıp, toplam yıllık maliyet ve toplam yaşam döngüsü sera gazı emisyonlarını kullanarak bir entegre biyoyakıt tedarik zincirinin stratejik planlamasını ele almışlardır.

Costa, Duarte, Sarache (2017), çalışmalarında Kolombiya için sürdürülebilir biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı modeli geliştirmişlerdir.

Avella vd. (2015), çalışmalarında palm yağından karma tamsayılı biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı modeli geliştirmişlerdir.

Ren vd. (2015), çalışmalarında biyoyakıt tedarik zincirinin yaşam döngüsü maliyetini belirsizlikler altında optimize etmek için bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelde; çoklu tarım bölgeleri, tahıl ve biyoyakıt taşımacılığı için çoklu taşıma modları, çoklu hammadde ve depolama merkezleri dikkate alınarak bir doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir.

Gonela vd. (2015), çalışmalarında çeşitli belirsizlikler altında sürdürülebilirliğin ekonomik, çevresel ve sosyal yönlerini açıklayacak olan bir hibrit üretim biyoetanol tedarik zinciri ağ tasarımı modelini geliştirmişlerdir.

Meyer vd. (2015), çalışmalarında biyokütle bazlı tedarik zinciri ağ tasarımı problemlerinde stratejik ve taktiksel kararları optimize etmek için genel bir matematiksel model geliştirmişlerdir.

Literatür taraması kapsamında yapılan incelemelerde, literatürdeki boşluklar aşağıda detaylandırılmıştır:

- Çalışmaların birçoğunda biyoyakıt tedarik zinciri ağ tasarımı gıda krizlerine yol açabilecek yenilebilir gıda kaynakları hammadde olarak kullanılmıştır.
- Geliştirilen modellerin birçoğu hesaplama karmaşasının ortadan kaldırılabilmesi için üretim yeri kararları, kapasite ve malzeme akışı ile sınırlı kalmış ve teknoloji seçenekleri, ulaşım modları ve üretim planlaması ile ilgili diğer önemli kararlar ihmal edilmiştir.
- Belirsizlik, gerçek dünyadaki biyoyakıt tedarik zinciri ağının ayrılmaz bir parçası iken bu konu çok az sayıda araştırmacı tarafından dikkate alınmıştır.
- Tedarik zinciri ağ tasarımı modellerinde trend sürdürülebilir bir ağ tasarımının geliştirilmesi iken araştırmacılar genellikle maliyet özelinde araştırmalar yapmış, çok az sayıda araştırmacı biyoyakıt tedarik zinciri ağ tasarımını sürdürülebilirlik (çevresel ve sosyal) açısından ele almıştır.
- Ayrıca yapılan kaynak taramasında biyoyakıt tedarik zinciri ağ tasarımı ile ilgili çalışmaların daha çok Avrupa ve Amerika ülkelerinde yapıldığı tespit

edilmiştir. Asya ülkelerinde biyoyakıt kullanımı için büyük bir potansiyel olmasına rağmen bu kıtada biyoyakıt tedarik zinciri ağ tasarımı ile ilgili çok az çalışma yapılmıştır.

Geliştirilen çalışmada, literatürdeki modelleme ile ilgili boşlukları sunan kapsamlı bir model sunulmaktadır. Model; üretim yeri, kapasite, malzeme akışı, teknoloji seçeneği ve üretim planlaması ile ilgili en önemli kararlar göz önüne alındığında, biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımını tarlalardan, tüketici merkezlerine kadar entegre etmektedir.



3. YENİLENEBİLİR ENERJİ TEDARİK ZİNCİRİ AĞ TASARIMI

3.1. Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerji sürdürülebilir kalkınma açısından bir ülkenin ihtiyaçlarını karşılayabilmede önemli bir rol oynamaktadır. Günümüzde, dünyada yaşanan iklim değişiklikleri, küresel ısınma, çevresel problemler, sanayileşme ve nüfus artışına bağlı olarak artış gösteren enerji arzı ve fosil kaynaklı yakıt rezervinin azalması yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi ve doğru kullanımını önemli bir hale getirmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğada çoğunlukla herhangi bir işleme ihtiyaç duyulmadan elde edilebilen, çevreye verdiği zarar oranı diğer enerji kaynaklarına göre çok daha düşük olan sürekli olarak yenilenebilen ve kullanıma hazır durumda olan yakıtlardır (Ataman, 2007). Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş enerjisi, hidrojen enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, gel-git ve dalga enerjisi ile biyokütle enerjisinden oluşmaktadır.

3.1.1. Güneş Enerjisi

Güneş, dünyamız için en temel enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon reaksiyonları sonucu açığa çıkan ışınım enerjisidir (Şengelen, 2016). Güneş, milyonlarca yıl daha ışımasını devam ettireceği için dünyamız için sonsuz bir enerji kaynağı olacaktır. Güneş ışınları 170 MW güçte enerjiyi dünyaya yaymaktadır (Ataman, 2007). Günümüz teknolojisinde dünyaya ulaşan güneş enerjisi, ısıya dönüştürme ve elektrik enerjisine çevirme olmak üzere iki yolla değerlendirilmektedir (Ataman, 2007). Güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürmede toplaçlar, elektriğe dönüştürmede ise güneş pilleri kullanılmaktadır (İnan, 2001). Güneş enerjisi temiz, yenilenebilir ve kesintisiz bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi ile çalışan sistemler kolaylıkla kurulabilen, çevreye zarar vermeyen, komplike bir teknolojiye gerek duymayan ve gerektiğinde enerji ihtiyacına bağlı olarak kolaylıkla değiştirilebilen sistemlerdir (Ataman, 2007). Tüm bu sebeplerden ötürü güneş enerjisi son yıllarda kullanımı

gün geçtikçe artış gösteren yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi haline gelmiştir.

3.1.2. Hidroenerji

Nehirler ve akarsulardaki su hidroelektrik güç olarak da adlandırılan hidrolik enerjiye dönüştürülebilmektedir. Hidroenerji diğer yenilenebilir enerjilere kıyasla maliyet yönünden daha uygun olmakla birlikte çevreye olumsuz herhangi bir etkisi bulunmamaktadır. Hidroenerji hidroelektrik santraller aracılığıyla hareket halindeki suyun enerjiye dönüştürülmesiyle elde edilmektedir (Şengelen, 2016).

3.1.3. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisinin kaynağı güneştir. Güneşin dünyamızı eşit bir şekilde ısıtmaması sonucunda sıcaklık farkları oluşabilmektedir. Isınan hava kütlesi atmosferin yukarısına doğru yükselmektedir. Yükselen havanın yerine ise aynı hacimde soğuk hava yerleşmektedir. Bu şekilde gerçekleşen hava kütlelerinin yer değiştirmesi olayına rüzgâr denilmektedir. Kaynağını güneşten alan rüzgâr enerjisi doğal, temiz ve sürekli bir enerji kaynağıdır (Gezer, 2013). Rüzgâr enerjisi, bir rüzgâr türbini içerisindeki bıçakların rüzgâr tarafından çevrilmesi ile oluşan enerjinin elektrik enerjisine çevrilmesidir (Demirbaş, 2006).

3.1.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerkabuğunda yoğunlaşarak birikmiş ısının oluşturduğu ve bu ısının meteorik kökenli sularla yüzeye taşınması ile oluşan, sıcaklıkları ortalama sıcaklıkların üstünde olan, çevresindeki yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, farklı özelliklerde tuz ve gazlar içerebilen sıcak su ve buharların oluşturduğu enerjidir (Koçak, 2001). Jeotermal enerji; kaynak suyunun ısısına göre, elektrik üretimi, kimyevi madde üretimi, ısınma, tarım, seracılık ve termal turizmde kullanılabilir (Ataman, 2007).

3.1.5. Dalga Enerjisi

Kara ve denizlerdeki farklı ısınmalar sonucunda deniz yüzeyinde esen rüzgârlar ile dalgalar meydana gelmektedir. Denizlerde meydana gelen bu dalgaların enerji gücü, dalga hareketi, dalga boyu, dalga yüksekliği ve su yoğunluğu ile belirlenmektedir. Dalgalar ne kadar büyük olursa bunlardan elde edilen enerji miktarı o denli artmaktadır (Bayındır, 2010).

3.1.6. Biyokütle Enerjisi

Büyüyen bitkilerden veya hayvan gübrelerinden türetilen malzemeye biyokütle denilmektedir. Bitkilerde, hayvanlarda veya ürettikleri atıklarda depolanan güneş enerjisi ise; biyokütle enerjisi olarak adlandırılmaktadır (Demirbaş, 2006). Son zamanlarda nüfus ve sanayileşme nedeniyle artış gösteren enerji ihtiyacı, alternatif enerji kaynaklarına yönelmeyi gerekli hale getirmiştir. Enerjinin çevresel kirliliğe yol açmadan sürdürülebilir olarak sağlanabilmesi için kullanılacak kaynakların başında ise biyokütle enerjisi gelmektedir. Biyokütle enerjisi yenilenebilir bir kaynak olması, özellikle kırsal alanlar için sosyal ve ekonomik gelişmelere yardımcı olması sebebiyle önemli bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Biyokütle hammadde kaynağı olarak mısır, buğday gibi özel olarak bu amaçla yetiştirilmiş bitkiler, otlar, yosunlar, denizdeki algler, gübre ve sanayi atıkları, evlerden atılan tüm organik atıklar da kullanılmaktadır. Petrol, kömür, doğal gaz gibi yenilenemez enerji kaynaklarının sınırlı kaynaklar olması ve aynı zamanda bu kaynakların çevre kirliliği ve sera etkisine neden olması nedeniyle, biyokütle enerjisi kullanımı yenilenemez enerji kaynaklarına ait sorunları çözmek için daha önemli hale gelmektedir.

Biyokütle (Biyoenerji) sınıfında enerji elde edilebilecek birçok yakıt türü bulunmaktadır. Bu biyoyakıt türlerinden yakıt olarak en sık kullanılanlar; biyoetanol, biyodizel, biyogaz, vb.'dir. Bu çalışmada biyodizel tercih edilmesinin temel nedeni, bir tarım ülkesi olan ülkemizde biyodizel kullanımı enerji tüketiminde dışa bağımlılığı önemli ölçüde azaltacak olmasıdır. Biyoyakıtlar içerisinde biyodizel öncelikli seçeneğimizdir. Biyodizelin tarım kaynaklarımızla

üretilmesiyle kırsal bölgede ekonomik yapı güçlenerek istihdam oranı da artacaktır.

3.1.6.1. Biyoetanol

Biyoetanol mikroorganizmalar kullanılarak şekerden, (şeker kamışı, şeker pancarı vb.) tohumlardan veya nişastadan (patates, mısır, buğday vb.) oluşan alkolik üründür. Biyoetanölün son yıllarda öne çıkmasının sebebi, fosil kökenli yakıt rezervlerinin gün geçtikçe azalması ve biyoetanölün benzine alternatif iyi bir yakıt olmasıdır. Ayrıca sera gazı emisyonlarını en düşük seviyeye indirmeye çalışan küresel bilinç de biyoetanölü ön plana çıkaran sebeplerdendir.

Biyoetanol benzin ile kıyaslandığında; biyoetanölün daha yüksek oktan seviyesine, daha yüksek yanma hızına ve daha yüksek buharlaşma hızına sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu özellikler sebebiyle biyoetanol benzinli motorlarda yakıt olarak kullanılabilir. Ayrıca biyoetanol yapısı nedeniyle benzinden daha düşük bir enerji yoğunluğuna sahiptir. Biyoetanölün enerji yoğunluğu, benzinden %33 daha düşüktür.

Biyoetanol, araç motorlarında yaklaşık %35 oksijen içeriğiyle daha verimli bir yanma sağlamaktadır. Biyoetanölün yanması sonucu açığa çıkan karbondioksit bitkisel kaynaklardan üretildiği için bitkiler tarafından yakalanır ve fotosentez reaksiyonlarında kullanılır. Böylece atmosferdeki net karbondioksit miktarında artış gözlenmemektedir (Ozdingis ve Kocar, 2018).

3.1.6.2. Biyogaz

Biyogaz, dünyanın kabul edilemez enerji talepleri için potansiyel bir çözüm olabilecek ve aynı zamanda karbon ayak izlerinin azaltılmasına yardımcı olabilecek temiz ve erişilebilir bir enerji kaynağıdır (Sahota, Kapoor vd., 2018). Biyogaz, anaerobik sindirim olarak bilinen biyolojik bir sürecin ürünüdür. Biyogaz esas olarak %50-70 aralığında metan (CH_4) ve %30-50 konsantrasyonunda karbondioksit (CO_2) içermektedir. Bu iki gazın yanı sıra

biyogaz nitrojen (N) veya farklı bir takım bileşiklerden eser miktarda içermektedir.

Biyogaz, elektrik, ısı ve taşıma yakıtı olarak kullanılmak üzere yeşil enerji taşıyıcısı olarak kullanılabilir. Dünyanın dört bir yanında, biyogazın araç yakıtı olarak kullanılması veya gaz şebekesine enjekte edilmesi için biyometana yükseltilmesi giderek daha fazla teşvik edilmektedir. Avrupa'da, üretilen biyogazın % 90'ından fazlası elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Dünya çapında biyogazın taşıt yakıtı olarak kullanımı içten yanmalı motorlarda valflerde yapışkan artıklar meydana getirmesi sebebiyle hala çok düşüktür (Treu, Tsapekos vd., 2018).

3.1.6.3. Biyodizel

Biyodizel, kolza (kanola), ayçiçek, jatropha, soya, aspir vb. yağlı tohum bitkilerinden elde edilen bitkisel yağların veya hayvansal yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Hayvansal yağlar ile kızartma yağları da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir.

Dizel motorlar için modifikasyona ihtiyaç duyulmadan petrodizel yakıt yerine geçebilecek en iyi ikame yakıt türü biyodizeldir. Biyolojik olarak parçalanabilen ve toksik olmayan biyodizel, aynı zamanda yakıt verimliliği açısından petrodizel yakıtlarla benzer özellik gösterirken, petrodizel yakıtlara oranla daha düşük egzoz emisyonu üretmektedir (Demirbaş, 2010). Biyodizel petrol içermez; fakat saf veya her oranda petrol kökenli dizel ile karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir. Biyodizel karışımları BXX gösterimiyle ifade edilmektedir. Bu gösterimdeki "XX" karışımın biyodizel miktarını göstermektedir. Örnek vermek gerekirse; B20, %20 biyodizel, %80 petrodizelden oluşan yakıt karışımını ifade etmektedir.

Biyodizel yakıtlar; transesterifikasyon, piroliz ve mikroemülsiyon teknikleriyle üretilebilir.

Piroliz: Bir bileşimin bir katalizör ve ısı etkisiyle parçalanarak bir başka bileşiğe dönüştürülmesi işlemidir (Ozcanli vd., 2010).

Mikroemülsiyon: Bitkisel yağların viskozite düzeylerini düşürebilmek için metanol veya etanol gibi kısa zincirli alkoller ile mikroemülsiyon oluşturulmaktadır (Çakar ve Şener, 2008).

Transesterifikasyon: Biyodizel üretimi için en çok tercih edilen yöntemdir. Bir bitkisel yağ veya hayvansal yağın metanol gibi bir alkolle kimyasal reaksiyonu olarak bilinmektedir. Reaksiyon genellikle sodyum veya potasyum hidroksit gibi güçlü bir baz olan bir katalizör gerektirir ve metil esterler olarak adlandırılan kimyasal bileşikler üretilmektedir. Bu süreç viskoziteyi dizel yakıtla kıyaslanabilen bir değere indirmekte böylece yanmayı iyileştirmektedir (Ozcanli vd., 2013).

3.2. Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik zinciri; tedarikçi, üretici, distribütör ve perakendeciler gibi bir çok aktörün bir araya gelmesiyle, hammaddeleri elde eden ve hammaddelerin nihai ürüne dönüştürülmesini sağlayarak, müşterilere teslim edilmesini sağlayan entegre bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Dias ve Lerapetritou, 2017).

Tedarik zinciri yönetiminde amaç; şirketin imalat kapasitesinin artırılması, rekabet edilebilirlik düzeyinin yükseltilmesi, piyasaya karşı duyarlılığın geliştirilmesi ile tüketici ve tedarik işlerini yerine getirenler arasındaki ilişkilerin iyileştirilmesi yoluyla şirket performansını ileriye taşıyabilmektir.

Tedarik zinciri yönetiminin kurumsallaşması için gerekli faaliyetler üç karar düzeyinde sınıflandırılabilir. Bunlar; operasyonel düzey kararlar, taktiksel düzey kararlar ve stratejik düzey kararlardır.

Operasyonel Düzey Kararlar: Bu karar düzeyinde fabrika içi veya departmanlar arası, dar bir kapsamda kısa zamanlı bir süreç söz konusudur. Bu karar düzeyinde

kaynak ve talepler sabit veya bilinmektedir. Bu aşamada genellikle doğrusal programlama, tamsayılı programlama yada karma tamsayılı doğrusal programlama gibi bir matematiksel optimizasyon modeli kullanılmaktadır.

Taktiksel Düzey Kararlar: Bu karar düzeyinde zaman uzundur. Süreç birkaç ay sürebilmektedir. Bu aşamada dosyalanmış olarak, hangi ürün veya hammaddenin imal edileceği, hangi ürün veya hammaddenin hangi fabrikada üretileceği, hangi tedarikçinin seçileceği bilgiler ve ilişkiler yer almaktadır. Bu aşamada talep tahminlemesi önceden kestirilebilir. Eğer talep tahminlemesi stokastik bir karakterdeyse, simülasyon bu aşamada kullanılacak en iyi çözüm metodudur.

Stratejik Düzey Kararlar: Bu karar düzeyinde süreç oldukça uzundur. Hatta yıllarca sürebilmektedir. Stratejik plan, tüm sistemi içine alacak şekilde geliştirilebilir veya alternatif olarak üretim bölümlerine indirgenerek geliştirilebilir. Stratejik planlar hazırlanırken sisteme ait tüm unsurların değiştirilebilir nitelikte olduğu hipotezi altında hareket edilir. Bu süreçte yeni birimler açılabilir, mevcut birimler kapatılabilir, sermaye artırımına gidilebilir veya stratejik ürün yerleştirmeleri yapılabilir. Bu sebeple bir stratejik plan oluşturabilmek için simülasyon veya stokastik modelleme yöntemi kullanılmalıdır (Paksoy, 2005).

Tedarik zinciri yönetiminde karar düzeylerine göre yapılan çalışmalar çizelge 2.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Tedarik zinciri yönetiminde yapılan çalışmalar (Wang, 2003)

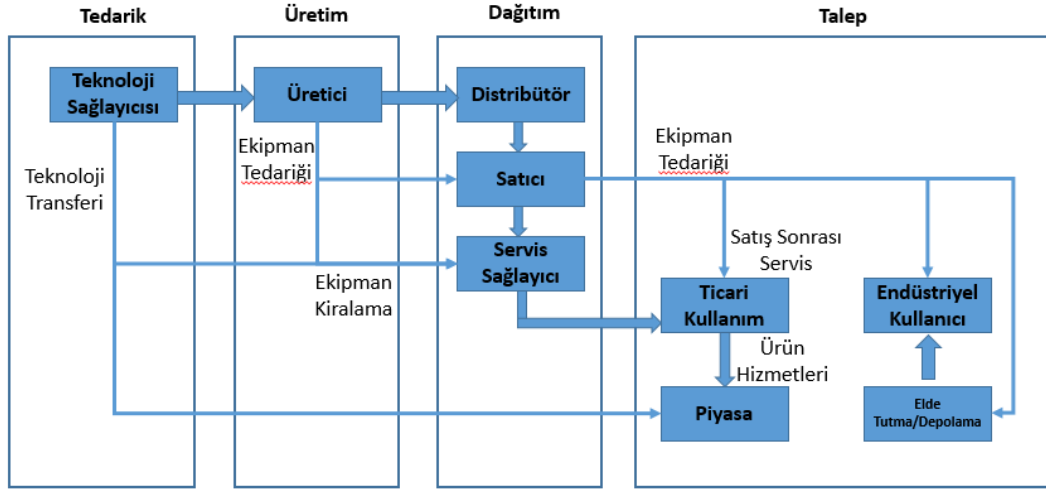
TZY Sınıflandırması	Zaman Dilimi	Etki Alanı	Alt Kategori
Stratejik	Aylık, Yıllık, Çok Yıllık Planlama	Kurumsal veya Tedarik Zinciri Kapsamında	Amaçlar, Tasarım, Rekabetçi Avantaj, Tarihsel Perspektif
Taktiksel	Yaklaşan Günler, Haftalar, Aylar	Yerel	İlişki Geliştirme, Bütünleşik Faaliyetler, Ulaştırma ve Dağıtım Sistemleri
Operasyonel	Günden Güne	Tesis	Stok Kontrolü, Üretim Planlama ve Çizelgeleme, Bilgi İşlem, Operasyonel Araçlar

3.3. Yenilenebilir Enerji Tedarik Zinciri

Dünya üzerindeki fosil kökenli yakıt rezervinin gün geçtikçe azalması ve artan nüfus ile sanayileşmeye bağlı enerji ihtiyacını karşılayamaması insanları yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Dünyada yaygın olarak kullanılabilen beş yenilenebilir enerji kaynağı bulunmaktadır. Bunlar; biyoenerji, hidroelektrik enerjisi, jeotermal enerji, rüzgar enerjisi ve güneş enerjisidir. Fosil kaynaklı yakıtlara bağımlılığı azaltmak ve enerji verimliliğini sağlayabilmek için yenilenebilir enerji kaynakları tercih edilebilecek en iyi ikame enerji kaynaklarıdır.

Birçok tipik tedarik zincirinde olduğu gibi yenilenebilir enerji tedarik zinciri unsurları; fiziksel, bilgi ve finansal akışları içermekle beraber her biri, tedarik zinciri yönetimi performansını arttırabilmek için yeşil üretim süreçleri, lojistik ve ürünler hakkındaki farkındalığı arttırmaya çalışan endüstrilere yardım etmektedirler. Yenilenebilir enerji tedarik zinciri sürdürülebilirliğe hizmet etmektedir. Sürdürülebilirliğin üç ayağı olarak kabul edilen; maliyet, çevre ve sosyal amacı dikkate alan tedarik zinciri ağ tasarım modelleri günümüzde daha çok tercih edilmektedir. Bunun nedeni ise sektörün sadece maliyet odaklı değil

standartlar ve yasalar gereği çevresel ve sosyal boyuta da odaklanmalıdır (Fontes vd., 2018). Yenilenebilir enerjinin daha detaylı tanımlandığı tedarik zinciri ile ilgili ağ tasarım modeli Şekil 2.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Yenilenebilir enerji tedarik zinciri ağ tasarımı (Fontes vd., 2018)

Yenilenebilir enerji kaynakları gün geçtikçe hızla tükenmekte olan fosil kökenli yakıtlar yerine geçebilecek en iyi ikame yakıt türleridir. Sürekli yenilenen ve tükenmeyen bu kaynaklar için doğru tedarik zinciri ağ tasarımının planlanması sürdürülebilirlik açısından çok önemli bir husustur. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyodizel yakıtlar için tedarik zinciri ağ tasarım modeli geliştirilmesi konusu üzerinde durulmuştur.

4. METODOLOJİ

Çalışmanın bu kısmında ele alınan problemin modellenmesinde karma tamsayılı doğrusal programlama yöntemi kullanılmıştır. Geliştirilen model çok amaçlı olduğundan çok amaçlı yapıyı çözmekte hedef programlama yöntemi tercih edilmiştir.

4.1. Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama

Karma tamsayılı doğrusal programlama modelinde kullanılacak değişkenlerin bir kısmı tam sayılı değerlerden bir kısmı da sürekli değişken değerlerden oluşmaktadır.

Karma tamsayılı doğrusal programlama modelinin oluşturulması ve çözümü ile ilgili izlenmesi gereken adımlar aşağıda gösterilmiştir (Şengül, 2010).

1. Formülasyon

- Problemin Tanımlanması
- Modelin Geliştirilmesi
- Giriş Parametrelerinin Sağlanması

2. Çözüm

- Çözümün Yapılması
- Çözümün Test Edilmesi

3. Yorumlar

- Sonuçların Analiz Edilmesi
- Sonuçların Yorumlanması

Karma tamsayılı doğrusal programlama problemlerinin çözümünde klasik algortimalar ve sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır. Klasik algoritmalarda; dal-sınır algoritması, kesme düzlemi algoritması ve lagrange gevşetme yöntemi kullanılmaktadır. Sezgisel algoritmalarda ise; greedy algoritması, tavlama benzetimi algoritması, tabu araması, dağınık arama ve genetik algoritmalar kullanılmaktadır.

Karma tamsayılı doğrusal programlama modelinin genel gösterimi aşağıda belirtilmiştir:

Min: $ax+by$

Kısıt: $Cx + Dy \geq b$

$x \geq 0$

$y \geq 0$ ve tamsayıdır.

x , sürekli değişkenlerin vektörünü; a ve b , x 'in amaç fonksiyonu içerisindeki coefficient vektörünü, C ve D , x 'in kısıtlar içerisindeki katsayı matrisini göstermektedir (Temur, 2012).

4.2. Hedef Programlama

Doğrusal programlama modelleri tek bir amacı maksimize veya minimize edebilmek amacıyla kullanılır. Fakat bazı durumlarda modelin birden fazla amaca sahip olabimesi mümkündür. Örneğin bir modelde hem toplam karı maksimize edebilmek hem de açığa çıkan çevresel etkiyi minimize edebilmek hedeflenebilmektedir. Bu gibi durumlarda birbiriyle çelişmekte olan hedefleri optimum kılabilen bir sonuca ulaşabilmek zor olabilir. Bu durumla baş edebilmek için her bir amaç fonksiyonuna bir önem derecesi vererek yaklaşık bir çözüm bulabilmek gerekmektedir. Bu çözüm yöntemi hedef programlama olarak adlandırılmaktadır (Öztürk A., 2016). Hedef programlama; doğrusal programlamadaki gibi amaç fonksiyonunu minimize ve maksimize etmek yerine, hedeflerde yaşanan sapmaları minimize etmeyi amaçlamaktadır.

Hedef programlama yöneylem araştırmasında sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin en önemli özelliği her bir tercihe doyurucu bir hedef değerinin atanabilmesidir. Hedef programlamanın kullanılmasıyla birlikte istenmeyen sapma değişkenleri fonksiyonu en aza indirgenir (Cabellero vd., 2006).

Hedef programlamada karar verici ilk olarak hedefleri ve bu hedeflere ait öncelikleri tespit eder. Genellikle, hedefler sınırlandırılır ve her öncelik seviyesindeki hedeflere öncelikli ağırlıklar verilir. Bu öncelikli ağırlıklar sayısal değer veya kodlamalar ile yapılır. Yüksek öneme sahip hedefler daha düşük

öneme sahip önceliklerden önce doyurulur. Hedef programlama, problem içindeki kısıtlara bağlı olarak önceliklendirilen amaçlarda yaşanan sapmaları minimum kılar.

Hedef programlama, tek amaca sahip doğrusal programlama modelinin karşılayamadığı, kısıtlara yönelik hedef sapmalarını, hedeflere ilişkin öncelikleri belirlediği gibi, amaç fonksiyonlarındaki değişkenlerin benzer ölçü biriminde olması şartını da aramamaktadır.

4.2.1. Hedef Programlamanın Tanımı ve Tarihsel Gelişimi

Hedef programlama, çok amaç fonksiyonuna sahip karar verme problemlerini çözebilmek için karar vericilere tatmin edici bir çözüm geliştiren analitik bir yöntemdir (Öztürk, 2007).

Hedef programlama, çok amaçlı problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılan bir tekniktir. Hedef programlama, karar verici tarafından tanımlanan birbiriyle çelişen amaçların optimize edilmesini sağlamaktadır. Bunu yaparken hedef değerinde yaşanacak sapmaları minimize ederek mümkün olan en optimum çözüme ulaşılmaya çalışır (Özcan ve Toklu, 2009).

Hedef programlama; ilk kez 1955 yılında Charnes, Ferguson ve Cooper tarafından, yönetici maaşlarının analiz edilmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada tanıtılmıştır. Charnes ve Cooper; hedef programlamayı başlangıçta "sınırlandırılmış regresyon" olarak ifade etmişlerdir (Ignizio ve Romero, 2003). Charnes ve Cooper'ın 1961 yılında yaptıkları çalışmada ise; hedef programlama açıkça tanımlanmıştır. Hedef programlama daha sonra Ignazio, Lee, Tamiz, Romero ve diğerleri tarafından geliştirilmiştir. Ignazio 1970'li yılların başında doğrusal olmayan ve tamsayılı hedef programlama modelini içeren algoritme ve yazılımlar geliştirmeye devam etmiştir. Ayrıca doğrusal hedef programlamaya dualite kavramını eklemiştir (Ignazio J. P., 1985).

4.2.2. Hedef Programlamanın Varsayımları ve Bileşenleri

Hedef programlamanın varsayımları, doğrusallık, toplanabilirlik, bölünebilirlik (oransallık, kesinlik), tüm değişkenlerin pozitif olması ve hedeflere ilişkin önceliklerin karar verici tarafından belirlenmesinden oluşmaktadır.

Bir hedef programlamada karar ve sapma değişkenleri, kısıtlayıcı ile amaç fonksiyonu bulunmaktadır. Bu bileşenler hedef programlamanın bileşenleridir.

4.2.2.1. Karar Değişkenleri

Karar vericinin kontrolünde olan faktörlerdir (Öztürk, 2016). Örneğin ürün miktarı, yatırım yapılacak tutar, istihdam edilecek işçi sayısı, girdi miktarı vs. karar değişkeni olarak ele alınabilir.

4.2.2.2. Sapma Değişkenleri

Hedeflerin üstünde veya altındaki miktarı gösteren değişkenlerdir. Hedef programlama modellerinde karar verici tarafından belirlenen hedef değerlerindeki arzu edilmeyen sapmalar kabul edilebilir bir çözüme ulaşabilmek amacıyla asgari düzeye indirgenir. Her bir hedefe ait belirlenmiş olan arzu edilmeyen değişkenler pozitif veya negatif sapma değişkenleri kullanılarak ölçülür. Böylece hedefin başarı veya başarısızlığı tespit edilmiş olunur. Sapma değişkenleri hedef programlamada genelde d_i^+ ve d_i^- simgeleriyle gösterilir. Bu gösterimde i : hedefi, d_i^+ : i . hedefte yaşanan pozitif sapmayı, d_i^- : i . hedefte yaşanan negatif sapmayı ifade etmektedir.

4.2.2.3. Amaç Fonksiyonu

Hedef programlama problemlerinde; amaçların hedeflenen değerlerden istenmeyen sapmalarını asgari düzeye indiren fonksiyondur. Amaç fonksiyonu; istenmeyen sapma değişkenlerinin matematiksel olarak gösterimini ifade etmektedir. Hedef programlama modelinden elde edilen sonuçlar, seçilmiş amaç

fonksiyonuna karşı aşırı duyarlıdır. Bu yüzden karar vericinin gerçek isteklerini yansıtmayan hatalı bir amaç fonksiyonu, katlanılmaz sonuçlar oluşturabilmektedir (Romero, 2004).

4.2.2.4. Kısıtlayıcılar

Probleme ilişkin geliştirilmiş hedef programlamada tam olarak sağlanması istenen ve hiçbir sapmaya izin verilmeyen kısıtlayıcılarıdır (Öztürk, 2016). Hedef programlamada iki tür kısıt vardır. Bunlar; sistem kısıtları ve hedef kısıtlarıdır. Sistem kısıtları; mutlak surette sağlanması gereken, değişemeyen kısıtlardır. Hedef kısıtları ise; karar vericinin ulaşmak istediği hedefleri gösteren fonksiyonlardır. Hedef kısıtları sistem kısıtları gibi katı ve değişmez değildirler, daha esnek bir yapıya sahiptirler (Türkoğlu S. P., 2017).

4.2.3. Hedef Programlama Türleri

Hedef programlama, geliştirilen amaç fonksiyonunun yapısına göre beş farklı türde sınıflandırılabilir. Bunlar; Tek hedefli programlama, eşit ağırlıklı çok hedefli programlama, ağırlıklı çok hedefli programlama, öncelikli çok hedefli programlama, ağırlıklı-öncelikli çok hedefli doğrusal programlamadır (Öztürk, 2016).

4.2.3.1. Tek Hedefli Programlama

Ele alınan modelin tek hedefi olduğu durumlarda kullanılan programlama problemleridir. Bu gibi problemlerde karar vericinin tek isteği bu hedefe ulaşabilmektir. Tek hedefli problemler modelin kurulması ve çözümü ele alındığında en basit hedef programlama problemleridir. Bu anlatımlara dayanan tek hedefli programlamaya ait amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

$$\text{Min}z = d_i^- \text{ veya } \text{Min}z = d_i^+ \text{ (i: hedef olmak üzere)}$$

4.2.3.2. Eşit Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama

Karşılaşılan probleme ait hedefler eşit önem derecesine sahip ise, arzu edilmeyen sapma değişkenlerinin toplamı biçiminde ifade edilen amaç fonksiyonu, asgari düzeye indirgenmeye çalışılır. Bu anlatımlara dayanan eşit ağırlıklı çok hedefli programlamaya ait amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

$$Minz = d_i^+ + d_{i+1}^+ + d_{i+2}^- + \dots$$

4.2.3.3. Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama

Bu tür problemlerde amaç fonksiyonlarındaki sapma değişkenlerine ağırlık değeri verilmekte ve hedeflerde yaşanan sapmaların ağırlıklı toplamı minimum düzeye indirilmektedir. Çok amaçlı programlama problemlerinde kullanılmakta olan en kolay ve en çok kullanılan teknik ağırlıklı çok hedefli doğrusal programlamadır (Atlas M., 2008). Bu anlatımlara dayanan ağırlıklı çok hedefli programlamaya ait amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

$$Minz = a_i d_i^+ + a_{i+1} d_{i+1}^+ + a_{i+2} d_{i+2}^- + \dots \quad (a_i: i. hedefe ilişkin önem derecesi)$$

4.2.3.4. Öncelikli Çok Hedefli Programlama

Bazı problemlerde bir karar verici matematiksel optimizasyon modellerini kullanırken amaç fonksiyonunu optimum hale getiren birden fazla alternatifli çözümlerin bir tanesini seçme durumu ile karşı karşıya kalabilmektedir. Karar ikinci derece veya daha yüksek derecede olabilir. Bu gibi karara ilişkin problemler öncelikli hedef programlama ile çözülür. Öncelikli hedef programlama modeli hedefler arasındaki önceliklerin sıralanmasına dayanır.

Öncelikli hedef programlama problemlerinde, amaç fonksiyonunu oluşturabilmek için ulaşılması istenen hedeflerin hiyerarşik bir yapıda verilmesi gerekmektedir. Karar verici, tercihlerini belirleyerek hedeflerini en önemli olandan daha az önemli olana doğru sıralar. Bu gibi problemlerde, birinci

öncelikli hedef, tam olarak gerçekleştirilmeden ikinci öncelikli hedefe, ikinci öncelikli hedef gerçekleştirilmeden üçüncü öncelikli hedefe geçilemez. Bu durum matematiksel ifadeyle “ $p_1 \gg p_2 \geq p_3 \geq \dots \geq p_n$ ” şeklinde ifade edilmektedir. Burada, p_1 hedefinin p_2 hedefinden çok daha fazla önemli olduğu belirtilmektedir. Daha açık bir ifadeyle; p_1 hedefi sonuçlandırılmadan p_2 hedefine, p_2 hedefi sonuçlandırılmadan p_3 hedefine geçilemez. Bu anlatımlara dayanan öncelikli çok hedefli programlamaya ait amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

$$\text{Min } z = p_i d_i^+ + p_{i+2} d_{i+2}^- + p_{i+3} d_{i+3}^+ + \dots$$

4.2.3.5. Ağırlıklı-Öncelikli Çok Hedefli Programlama

Bazı hedef programlama problemlerinde aynı hedefe ait iki veya daha fazla sapma değişkeni, aynı öncelik düzeyinde amaç fonksiyonunda yer alabilir. Bu gibi durumlarda, sapma değişkenlerinin önceliği aynı ise, bu sapma değişkenlerinde ağırlıklar kullanılarak hangi sapmanın daha önemli olduğu belirlenerek çözüme ulaşılmaya çalışılır.

4.2.4. Hedef Programlama Modelinin Genel Gösterimi

Genel bir ifadeyle hedef programlama modeline ait gösterim aşağıda detaylandırılmıştır.

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } z = \sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^i P_k (a_{ik}^+ * d_i^+ + a_{ik}^- * d_i^-)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^n t_{ij} x_j - d_i^+ + d_i^- = b_i \quad (i=1, 2, \dots, i) \text{ ve } (j=1, 2, \dots, n)$$

Pozitif Kısıtlayıcılar:

$$x_j \geq 0, \quad d_i^- \geq 0, \quad d_i^+ \geq 0$$

Burada;

P_k : k. hedefin önceliği,

a_{ik}^-, a_{ik}^+ : k önceliğine sahip i. Hedefe ilişkin sapma değişkeninin ağırlığı,

d_i^-, d_i^+ : i. hedefe ilişkin negatif ve pozitif sapma değişkenleri,

t_{ij} : i. hedef ve x_j ile ilişkili teknoloji katsayısı,

b_i : i. hedef düzeyini gösterir.

Genel ifade ile yazılmış hedef programlama modeline ait bir takım özellikler mevcuttur. Bu özelliklerin tümünü hedef programlama modelleri ihtiva etmektedir.

1. Amaç fonksiyonu, sapma değişkenler toplamını minimize etmek için oluşturulur.
2. Hedefe ulaşmadaki başarı ve başarısızlığı ifade eden sapma değişkenleri, bütün hedef kısıtlayıcılarda bulunur.
3. Sapma değişkenlerini içermeyen kısıtlayıcılar, klasik doğrusal programlama modelinde yapmış olduğu görevi yerine getirmektedir.
4. Yönetim hedefleri kısıtlayıcılar ile modele aktarılır.
5. Modelde bulunan tüm değişkenler, ya sıfır ya da sıfırdan büyük bir değer alabilirler.

Bazı hedef programlama modellerinde bu özelliklere ek olarak karşılaşılabilecek bir özel durum daha bulunmaktadır. Bu durumda, bazı modellerde hedefin tamamının karşılanması yerine, g_k ile bir alt sınır hedefi veya üst sınır hedefi belirlenebilmektedir. Eğer g_k , alt sınır hedefi ise;

$$\sum_{j=1}^n t_{jk} * x_j \geq g_k$$

eşitsizliği kullanılır. Bu eşitsizlik, hedef g_k 'dan büyük olan her miktar kabul edilebilir anlamına gelmektedir.

Benzer şekilde eğer g_k üst hedef sınırı ise, bu durumda modelde aşağıdaki eşitsizlik yer alacaktır;

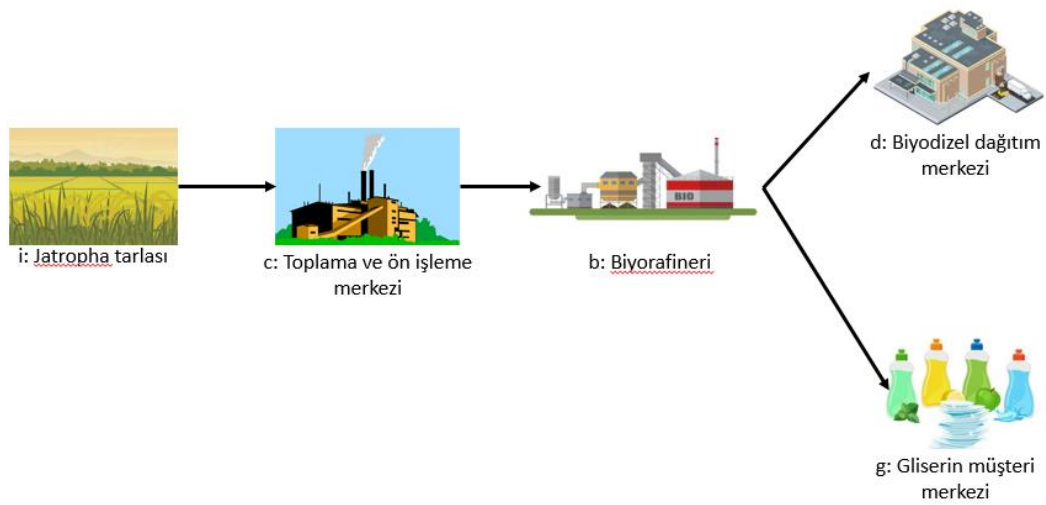
$$\sum_{j=1}^n t_{jk} * x_j \leq g_k$$

Bu eşitsizlik, hedef g_k 'dan küçük olan her miktar kabul edilebilir anlamına gelmektedir (Öztürk, 2016).



5. PROBLEMİN TANIMI VE MODELİN FORMÜLASYONU

Bu çalışmada, genel bir biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı problemi ele alınmıştır. Dikkate alınan biyodizel tedarik zinciri beş aşamalı, çok amaçlı ve çok periyotlu bir ağıdır. Tarlalar, toplama ve ön işleme merkezleri, biyorafineriler, dağıtım merkezleri ve müşteri merkezleri ele alınan ağı oluşturmaktadır. Bu ağda ilk olarak, yağ oranı yüksek bir yenilemeyen bitki türü olan jatropha bitkisi tohumları tarlalardan toplanmaktadır. Jatropha biyodizel üretiminde kullanılmakta olan diğer bitkiler arasında en yüksek yağ oranına sahip bitkidir. Jatrophadan üretilen biyodizelin, soya fasulyesi yağından üretilenle kıyaslandığında düşük asitlik ve iyi oksidasyon yeteneğine, hint yağı ile kıyaslandığında düşük viskoziteye ve palm yağı ile karşılaştırıldığında daha iyi soğutma özelliklerine sahip olduğu belirlenmiştir (Babazadeh, 2017). Modelde tarladan toplanan jatropha tohumları toplama ve ön işleme merkezlerinde ön işlemden geçirilmektedir. Burada ekstre edilmiş jatropha tohumu yağı biyorafinerilere taşınır. Biyorafineriler farklı teknoloji ve kapasiteye sahip olabilmektedir. Biyorafineride çeşitli işlemlere tabi tutulan jatropha tohumu yağı biyodizel ve gliserine dönüştürülür. Daha sonra ürün, müşteri dağıtım merkezine gönderilir. Gliserin ise gliserin talep notlarına gönderilir. Önerilen modele ait akış şeması Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Biyodizel tedarik zinciri akış şeması

Çalışmada kullanılan tüm parametreler deterministiktir. Modelde biyodizel üretiminde 2 farklı teknolojiyle biyodizel üretimi yapabilmek mümkündür. Bunlardan ilki vakumlu damıtma içeren sürekli bir işlem sistemine sahip BDX1000 teknolojisi, bir diğeri tam otomatik biyodizel üretim imkanı tanıyan CPU1000 teknolojisidir. İlk teknoloji diğeri teknolojiye göre daha düşük sabit maliyete sahiptir. Önerilen model bu iki teknolojiden, her bir biyorafineri için uygun olanını kendi seçecektir. Jatropha bitkilerinin yetişebildiği en uygun alanların kurak ve yarı kurak alanlar olmasından dolayı modelde Türkiye için en uygun 10 il ülkemizin son 4 yıllık yağış ortalaması hesaplanarak seçilmiştir. Modelde 4 yıllık bir zaman dilimi için hesaplama yapılmıştır. Stratejik açıdan bakıldığında, önerilen modelin yukarıdaki varsayımlar altında ele alacağı kararlar arasında; jatropha tarlaları, jatropha tohumu toplama ve ön işleme merkezleri, biyorafineriler ve biyodizel müşteri dağıtım merkezleri ile gliserin müşteri merkezlerinin optimum sayıları, konumları ve kapasitelerinin belirlenmesi yer almaktadır. Ayrıca kurulan her biyorafineride uygun teknoloji seçeneğinin belirlenmesi de kara değişkenlerinden birisidir. Taktiksel olarak; üretim miktarları, envanter seviyeleri, ağ düğümleri arasındaki toplam malzeme akışı kararları verilecektir. Ayrıca önerilen modelde ek değişken maliyetlerden kaçınmak için tesislerin kapasitesi sürekli karar değişkenleri ile belirlenmektedir.

5.1. Önerilen Matematiksel Modelin Formülasyonu

Kısaca önerilen modele ait biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı modelinin detayları aşağıda gösterilmiştir. Burada amaç fonksiyonu toplam maliyetlerin net bugünkü değerini en küçükleyecektir.

Bu çalışmada Reza Babazadeh'in (2016) "Optimal design and planning of biodiesel supply chain considering non-edible feedstock" adlı makalesinden esinlenilmiştir.

İndisler

i : jatropha tarlası (i = Kırklareli, Sakarya, Muğla, Denizli, Artvin, Samsun, Kayseri, Bitlis, Muş, Siirt)

c : jatropha toplama ve ön işleme merkezi (c = Sakarya, Muğla, Samsun, Kayseri, Siirt)

b : biyorafineri (b = Gaziantep, Ankara, İzmir, Kocaeli, Mersin)

q : biyorafineride kullanılacak teknoloji (q = CPU1000, BDX1000)

d : biyodizel müşteri dağıtım merkezi (d = Kırıkkale, İzmir, Antalya, Tekirdağ, Giresun, Mersin, Kocaeli)

g : gliserin müşteri merkezi (g = Gliserin1, Gliserin2)

t : periyot (t = 1, 2, 3, 4)

Parametreler

KA_i : i tarlasındaki jatropha tarlası için minimum arazi alanı (hektar)

BA_i : i tarlasındaki jatropha tarlası için maksimum arazi alanı (hektar)

KC_c : c konumundaki jatropha toplama ve ön işleme merkezinin kapasite alt sınırı

BC_c : c konumundaki jatropha toplama ve ön işleme merkezinin kapasite üst sınırı

KB_b : b konumundaki biyorafinerinin kapasite alt sınırı

BB_b : b konumundaki biyorafinerinin kapasite üst sınırı

KS_d : d konumundaki biyodizel dağıtım merkezinin kapasite alt sınırı

BS_d : d konumundaki biyodizel dağıtım merkezinin kapasite üst sınırı

KSN_g : g konumundaki gliserin müşteri merkezinin kapasite alt sınırı

BSN_g : g konumundaki gliserin müşteri merkezinin kapasite üst sınırı

SCJ_i : i konumunda jatropha tarlası açmanın sabit maliyeti (TL)

SCC_c : c konumunda jatropha toplama ve ön işleme merkezi açmanın sabit maliyeti (TL)

SCS_d : d konumunda biyodizel dağıtım merkezi açmanın sabit maliyeti (TL)

DCJ_i : i tarlasında jatropha ekmenin değişken maliyeti (TL)

- $lamda_{i,t}$: t periyodunda i tarlasındaki jatropha üretim miktarı
- $TAL_{d,t}$: t periyodunda d konumundaki biyodizel dağıtım merkezi için biyodizel talebi
- $TG_{g,t}$: t periyodunda g konumundaki gliserin müşteri merkezinin gliserin talebi
- $SCB_{b,q}$: q teknolojili b konumundaki biyorafineriyi açmanın sabit maliyeti (TL)
- $DCC_{c,t}$: t periyodunda c konumundaki jatropha toplama ve ön işleme merkezinin değişken maliyeti (TL)
- $DCS_{d,t}$: t periyodunda d konumundaki biyodizel dağıtım merkezinin değişken maliyeti (TL)
- $MCJ_{i,t}$: t periyodunda i tarlasında jatrophanın üretim maliyeti (TL)
- $MCB_{b,t}$: t periyodunda b konumundaki biyorafinerinin biyodizel üretim maliyeti (TL)
- $MCG_{b,t}$: t periyodunda b konumundaki biyorafinerinin gliserin üretim maliyeti (TL)
- $MCO_{c,t}$: t periyodunda c konumundaki jatropha toplama ve ön işleme merkezinin yağ çıkarma maliyeti (TL)
- $HCJ_{c,t}$: t periyodunda c konumundaki jatropha toplama ve ön işleme merkezinin jatropha stoğu tutma maliyeti (TL)
- $HCB_{b,t}$: t periyodunda b konumundaki biyorafinerinin biyodizel stoğu tutma maliyeti (TL)
- $HCG_{b,t}$: t periyodunda b konumundaki biyorafinerinin gliserin stoğu tutma maliyeti (TL)
- $HCS_{d,t}$: t periyodunda d konumundaki biyodizel dağıtım merkezinin biyodizel stoğu tutma maliyeti (TL)
- $DCB_{b,t,q}$: t periyodunda q teknolojili b konumundaki biyorafinerinin kurulumunun değişken maliyeti (TL)
- $WCT_{i,c,t}$: t periyodunda i tarlasındaki jatropha bitkisinin c konumundaki jatropha toplama ve ön işleme merkezine taşınma maliyeti (TL)
- $FCT_{c,b,t}$: t periyodunda c konumundaki jatropha toplama ve ön işleme merkezindeki jatropha yağının b konumundaki biyorafineriye taşınma maliyeti (TL)

- $BCT_{b,d,t}$: t periyodunda b konumundaki biyorafinerideki biyodizelin
d konumundaki biyodizel dağıtım merkezine taşınma maliyeti (TL)
- $GCT_{b,g,t}$: t periyodunda b konumundaki biyorafinerideki gliserinin
g konumundaki gliserin müşteri merkezine taşınma maliyeti (TL)
- cva_i : i konumundaki jatropha tarlalarına 1 ton tohum ekmenin çevreye
saldığı CO₂'nin zararlı etkisi
- cvb_c : c konumundaki 1 ton kapasiteli toplama ve ön işleme merkezinin
kurulumuyla açığa çıkan CO₂'nin zararlı etkisi
- cvc_b : b konumundaki 1 ton kapasiteli biyorafinerinin kurulumuyla açığa çıkan
CO₂'nin zararlı etkisi
- cvd_d : d konumundaki 1 ton kapasiteli biyodizel dağıtım merkezinin
kurulumuyla açığa çıkan CO₂'nin zararlı etkisi
- CEI_c : c konumundaki toplama ve ön işleme merkezinin 1 ton yağ üretmesiyle
açığa çıkan CO₂'nin zararlı etkisi
- CEH_c : c konumundaki toplama ve ön işleme merkezinin jatropha stoğu
tutmasıyla açığa çıkan CO₂'nin zararlı etkisi
- CFH_d : d konumundaki biyodizel dağıtım merkezinin biyodizel stoğu
tutmasıyla açığa çıkan CO₂'nin zararlı etkisi
- CZH_b : b konumundaki biyorafinerinin biyodizel stoğu tutmasıyla
açığa çıkan CO₂'nin zararlı etkisi
- CEG_b : b konumundaki biyorafinerinin gliserin stoğu tutmasıyla açığa
çıkan CO₂'nin zararlı etkisi
- $CB_{b,q}$: b konumundaki q teknoloji biyorafinerinin 1 ton biyodizel
üretmesiyle açığa çıkan CO₂'nin zararlı etkisi
- $CG_{b,q}$: b konumundaki q teknoloji biyorafinerinin 1 ton gliserin
üretmesiyle açığa çıkan CO₂'nin zararlı etkisi
- $CJT_{i,c}$: i konumundaki jatropha tarlasından c konumundaki toplama
ve ön işleme merkezine 1 ton jatropha taşımanın km başına
açığa çıkardığı CO₂'nin zararlı etkisi
- $COT_{c,b}$: c konumundaki toplama ve ön işleme merkezinden b konumundaki
biyorafineriye 1 ton jatropha yağı taşımanın km başına
açığa çıkardığı CO₂'nin zararlı etkisi
- $CBT_{b,d}$: b konumundaki biyorafineriden d konumundaki biyodizel dağıtım

- merkezine 1 ton biyodizel taşımanın km başına açığa çıkardığı CO₂'nin zararlı etkisi
- $CGT_{b,g}$: b konumundaki biyorafineriden g konumundaki gliserin müşteri merkezine 1 ton gliserin taşımanın km başına açığa çıkardığı CO₂'nin zararlı etkisi
- $MESIC_{i,c}$: i konumundaki tarla ile c konumundaki toplama ve ön işleme merkezi arasındaki mesafe (km)
- $MESCB_{c,b}$: c konumundaki toplama ve ön işleme merkezi ile b konumundaki biyorafineri arası mesafe (km)
- $MESBD_{b,d}$: b konumundaki biyorafineri ile d konumundaki biyodizel dağıtım merkezi arası mesafe (km)
- $MESBG_{b,g}$: b konumundaki biyorafineri ile g konumundaki gliserin müşteri merkezi arası mesafe (km)
- α : Jatropha tohumlarının yağa dönüşüm faktörü
- β : Jatropha yağının biyodizele dönüşüm faktörü
- w_1 : 1. amacın önem derecesi
- w_2 : 2. Amacın önem derecesi

İkili Karar Değişkenleri

- tea_i : i konumunda jatropha tarlası açılma kararı {0,1}
- teb_c : c konumunda toplama ve ön işleme merkezi açılma kararı {0,1}
- $tex_{b,q}$: b konumunda q teknolojili biyorafineri açılma kararı {0,1}
- tey_d : d konumunda biyodizel dağıtım merkezi açılma kararı {0,1}

Karar Değişkenleri

- z : hedef fonksiyonu
- z_1 : 1. amaç (maliyet amaç) fonksiyonu
- z_2 : 2. amaç (çevresel etki amaç) fonksiyonu
- $HJ_{c,t}$: t periyodunda c konumundaki toplama ve ön işleme merkezinin jatropha stoğu

- $HB_{b,t,q}$: t periyodunda q teknolojili b konumundaki biyorafinerinin biyodizel stoğu
- $HG_{b,t,q}$: t periyodunda q teknolojili b konumundaki biyorafinerinin gliserin stoğu
- $HS_{d,t}$: t periyodunda d konumundaki biyodizel dağıtım merkezinin biyodizel stoğu
- $MJ_{i,t}$: t periyodunda i konumundaki jatropha tarlasında üretilebilen jatropha miktarı
- $MB_{b,t,q}$: t periyodunda q teknolojili b konumundaki biyorafineride üretilebilen biyodizel miktarı
- $MG_{b,t,q}$: t periyodunda q teknolojili b konumundaki biyorafineride üretilebilen gliserin miktarı
- $MO_{c,t}$: t periyodunda c konumundaki toplama ve ön işleme merkezinde üretilebilen jatropha yağı miktarı
- $WT_{i,c,t}$: t periyodunda i konumundaki jatropha tarlasından c konumundaki toplama ve ön işleme merkezine taşınan jatropha miktarı
- $QT_{c,b,t,q}$: t periyodunda c konumundaki toplama ve ön işleme merkezinden q teknolojili b konumundaki biyorafineriye taşınan jatropha yağı miktarı
- $BT_{b,d,t,q}$: t periyodunda b konumundaki q teknolojili biyorafineriden d konumundaki biyodizel dağıtım merkezine taşınan biyodizel miktarı
- $GT_{b,g,t,q}$: t periyodunda b konumundaki q teknolojili biyorafineriden g konumundaki gliserin müşteri merkezine taşınan gliserin miktarı
- TAJ_i : i konumundaki ekili alan miktarı (hektar)
- $TBJ_{c,t}$: t periyodunda c konumundaki toplama ve ön işleme merkezinin gerekli kapasitesi
- $CMB_{b,t,q}$: t periyodunda q teknolojili b konumundaki biyorafinerinin gerekli kapasitesi
- $CAS_{d,t}$: t periyodunda d konumundaki biyodizel dağıtım merkezinin gerekli kapasitesi
- $CSN_{g,t}$: t periyodunda g konumundaki gliserin müşteri merkezinin gerekli kapasitesi

- $CEC_{c,t}$: t periyodunda c konumundaki toplama ve ön işleme merkezinin gerekli kapasitesi
- $CEB_{b,t,q}$: t periyodunda q teknoloji b konumundaki biyorafinerinin kapasite genişletme miktarı
- $CES_{d,t}$: t periyodunda d konumundaki biyodizel dağıtım merkezinin kapasite genişletme miktarı
- $CESN_{g,t}$: t periyodunda g konumundaki gliserin müşteri merkezinin kapasite genişletme miktarı
- $HSN_{g,t}$: t periyodunda g konumundaki gliserin müşteri merkezinin gliserin stok düzeyi
- $p1$: 1. amaçtan pozitif sapma
- $p2$: 2. amaçtan pozitif sapma
- $n1$: 1. amaçtan negatif sapma
- $n2$: 2. amaçtan negatif sapma
- $h1$: 1. amaca ait hedef fonksiyonu
- $h2$: 2. amaca ait hedef fonksiyonu

Maliyet Amaç Fonksiyonu

Önerilen modele ait amaç fonksiyonu aşağıdaki maliyet kalemlerini içeren fonksiyonların toplam maliyetini en aza indirir: Sabit Açılış Maliyetleri: Bu maliyetler jatropha tarlası, jatropha toplama ve ön işleme merkezi, biyorafineri, biyodizel müşteri dağıtım merkezi ve gliserin müşteri merkezlerinin açılış maliyetlerini içermektedir.

$$\sum_i SCJ_i * tea_i + \sum_c SCC_c * teb_c + \sum_b \sum_q SCB_{b,q} * tex_{b,q} + \sum_d SCS_d * tey_d \quad (1)$$

Değişken Açılış Maliyetleri: Bu maliyetler jatropha tarlası, jatropha toplama ve ön işleme merkezi, biyorafineri, biyodizel müşteri dağıtım merkezi ve gliserin müşteri merkezlerinin değişken maliyetlerini içermektedir.

$$\sum_i DCJ_i * TAJ_i + \sum_c \sum_t DCC_{c,t} * TBJ_{c,t} + \sum_b \sum_t \sum_q DCB_{b,t,q} * CMB_{b,t,q}$$

$$+ \sum_d \sum_t DCS_{d,t} * CAS_{d,t} \quad (2)$$

Üretim Maliyetleri: Bu maliyetler jatropha tohumlarının toplam üretim maliyetlerini, jatropha tohumlarının toplama ve ön işleme merkezlerinde işlenmesi maliyetlerinin, biyodizel üretim maliyetlerinin ve gliserin üretim maliyetlerinin hesaplar.

$$\begin{aligned} & \sum_i \sum_t MCJ_{i,t} * MJ_{i,t} + \sum_c \sum_t MCO_{c,t} * MO_{c,t} + \sum_b \sum_t \sum_q MCB_{b,t} * MB_{b,t,q} \\ & + \sum_b \sum_t \sum_q MCG_{b,t} * MG_{b,t,q} \end{aligned} \quad (3)$$

Stok Tutma Maliyetleri: Bu maliyetler, sırasıyla, jatropha tarlalarının, jatropha toplama ve ön işleme merkezlerinin, biyorafinerilerin ve biyodizel müşteri dağıtım merkezlerinin stok tutma maliyetlerini hesaplar.

$$\begin{aligned} & \sum_c \sum_t HCJ_{c,t} * HJ_{c,t} + \sum_b \sum_t \sum_q HCB_{b,t} * HB_{b,t,q} + \sum_b \sum_t \sum_q HCG_{b,t} * HG_{b,t,q} \\ & + \sum_d \sum_t HCS_{d,t} * HS_{d,t} \end{aligned} \quad (4)$$

Taşımacılık(Nakliye) Maliyetleri: Bu maliyetler, farklı dönemlerde indisler arası malzeme taşıma maliyetlerini hesaplar.

$$\begin{aligned} & \sum_i \sum_c \sum_t WCT_{i,c,t} * WT_{i,c,t} + \sum_c \sum_b \sum_t \sum_q FCT_{c,b,t} * QT_{c,b,t,q} \\ & + \sum_b \sum_q \sum_d \sum_t BCT_{b,d,t} * BT_{b,q,d,t} + \sum_b \sum_q \sum_g \sum_t GCT_{b,g,t} * GT_{b,g,t,q} \end{aligned} \quad (5)$$

Çevresel Etki Amaç Fonksiyonu

Önerilen modele ait çevresel amaç fonksiyonu aşağıdaki zararlı çevresel etki içeren fonksiyonların çevresel etkisini en aza indirir. Tesis Kurulumunun Çevresel Etkisi: Bu fonksiyonlar; jatropha tarlalarının, toplama ve ön işleme merkezlerinin ve biyorafinerilerin kurulmasıyla oluşan CO₂ etkisinin toplamını ifade etmektedir.

$$\begin{aligned} & \sum_i cva_i * tea_i * TAJ_i + \sum_c \sum_t cvb_c * teb_c * TBJ_{c,t} \\ & + \sum_b \sum_t \sum_q cvc_b * tex_{b,q} * CMB_{b,t,q} \end{aligned} \quad (6)$$

Üretim Faaliyetlerinin Çevresel Etkisi: Bu fonksiyonlar, toplama ve ön işleme merkezleri ile biyorafinerilerin üretim faaliyetleri sonucunda açığa çıkan CO₂ etkisini ifade etmektedir.

$$\sum_c \sum_t CEI_c * MO_{c,t} + \sum_b \sum_t \sum_q CB_{b,q} * MB_{b,t,q} \quad (7)$$

Stok Tutmanın Çevresel Etkisi: Bu fonksiyonlar, toplama ve ön işleme merkezleri, biyorafineriler ve dağıtım merkezleri için stok tutulması sonucu açığa çıkan CO₂ etkisini ifade etmektedir.

$$\begin{aligned} & \sum_c \sum_t CEH_c * HJ_{c,t} + \sum_b \sum_t \sum_q CZH_b * HB_{b,t,q} \sum_b \sum_t \sum_q CEG_b * HG_{b,t,q} \\ & + \sum_d \sum_t CFH_d * HS_{d,t} \end{aligned} \quad (8)$$

Taşıma Faaliyetlerinin Çevresel Etkisi: Bu fonksiyonlar, tarladan toplama merkezine, toplama merkezinden biyorafineriye, biyorafineriden biyodizel dağıtım merkezine ve biyorafineriden gliserin müşteri merkezine ürün taşınması esnasında açığa çıkan CO₂ etkisini ifade etmektedir.

$$\begin{aligned}
& \sum_i \sum_c \sum_t CJT_{i,c} * MESIC_{i,c} * WT_{i,c,t} + \sum_c \sum_b \sum_t \sum_q COT_{c,b} * MESCB_{c,b} * QT_{c,b,t,q} \\
& + \sum_b \sum_d \sum_t \sum_q CBT_{b,d} * MESBD_{b,d} * BT_{b,d,t,q} \\
& + \sum_b \sum_g \sum_t \sum_q CGT_{b,g} * MESBG_{b,g} * GT_{b,g,t,q}
\end{aligned} \tag{9}$$

Kısıtlar

Arz-Talep Kısıtları

(10) ve (11) numaralı kısıtlar, her bir dönem için farklı şehirlerdeki biyodizel ve gliserin talebinin karşılanması gerektiğini belirtmektedir. (12) numaralı kısıt herhangi bir dönemde toplama ve ön işleme merkezine taşınan jatropha miktarının jatropha tarlasında üretilen jatropha miktarına eşit olması gerektiğini belirtmektedir.

$$\sum_b \sum_q BD_{b,t,d,q} = TAL_{d,t} \quad \forall d, t \tag{10}$$

$$\sum_b \sum_q BG_{b,g,t,q} = TG_{g,t} \quad \forall g, t \tag{11}$$

$$\sum_c WT_{i,c,t} = MJ_{i,t} \quad \forall i, t \tag{12}$$

Üretim Dengesi Kısıtları

(13) numaralı kısıt her bir ekili tarladaki jatropha verimini hesaplar. Kısıt (14) her bir dönemde toplama ve ön işleme merkezinde üretilen yağ miktarını hesaplar. (15) numaralı kısıt her bir dönemde farklı teknoloji biyorafineride

üretileen biyodizel miktarını hesaplar. (16) numaralı kısıt her bir dönemde farklı teknolojili biyorafineride üretileen gliserin miktarını hesaplar.

$$MJ_{i,t} \leq lamda_{i,t} * TAJ_i \quad \forall i, t \quad (13)$$

$$MO_{c,t} = alfa * \sum_i WT_{i,c,t} \quad \forall c, t \quad (14)$$

$$MB_{b,t,q} = beta * \sum_c QT_{c,b,t,q} \quad \forall b, q, t \quad (15)$$

$$MG_{b,t,q} = (1 - beta) * \sum_c QT_{c,b,t,q} \quad \forall b, q, t \quad (16)$$

Stok Dengesi Kısıtları

(17) numaralı kısıt jatropha tohumlarına ait toplama ve ön işleme merkezindeki stok dengesi kısıtlamasıdır. (18) ve (19) numaralı kısıtlar sırasıyla biyodizel ve gliserin için biyorafinerinin stok dengesi kısıtlamasıdır. (20) numaralı kısıt biyodizel müşteri dağıtım merkezine ait stok dengesi kısıtlamasıdır. (21) numaralı kısıt gliserin müşteri merkezine ait stok dengesi kısıtlamasıdır.

$$HJ_{c,t} = \{HJ_{c,(t-1)} + (\sum_i WT_{i,c,t})\} - [(\frac{1}{alfa}) * (\sum_b \sum_q QT_{c,b,t,q})] \quad \forall c, t \quad (17)$$

$$HB_{b,t,q} = HB_{b,(t-1),q} + MB_{b,t,q} - \sum_d BT_{b,d,t,q} \quad \forall b, q, t \quad (18)$$

$$HG_{b,t,q} = HG_{b,(t-1),q} + MG_{b,t,q} - \sum_g GT_{b,g,t,q} \quad \forall b, q, t \quad (19)$$

$$HS_{d,t} = HS_{d,(t-1)} + (\sum_b \sum_q BT_{b,d,t,q}) - TAL_{d,t} \quad \forall d, t \quad (20)$$

$$HSN_{g,t} = HSN_{g,(t-1)} + (\sum_b \sum_q GT_{b,g,t,q}) - TG_{g,t} \quad \forall g, t \quad (21)$$

Kapasite Genişletme Kısıtlamaları

(22) numaralı kısıt jatropha yetiştirmek için belirlenen tarlaların kapasite alt ve üst sınırının kısıtlamasıdır. (23) ve (24) numaralı kısıtlar jatropha toplama ve ön işleme merkezleri için belirlenen yerlerin kapasite alt ve üst sınırının kısıtlamasıdır. (25) ve (26) numaralı kısıtlar farklı teknolojideki biyorafineriler için belirlenen yerlerin kapasite alt ve üst sınırlarının kısıtlamalarıdır. (27) numaralı kısıt belirli bir lokasyonda biyorafineri açmak için en fazla bir teknoloji alternatifi kullanılabileceğini belirtmek için kullanılmaktadır. (28) ve (29) numaralı kısıtlar biyodizel müşteri dağıtım merkezinin kapasite alt ve üst sınırlarının kısıtlamasıdır. (30) ve (31) numaralı kısıtlar gliserin müşteri merkezinin kapasite alt ve üst sınırının kısıtlamasıdır.

$$tea_i * KA_i \leq TAJ_i \leq tea_i * BA_i \quad \forall i \quad (22)$$

$$TBJ_{c,t} = TBJ_{c,(t-1)} * CEC_{c,t} \quad \forall c, t \quad (23)$$

$$teb_c * KC_c \leq TBJ_{c,t} \leq teb_c * BC_c \quad \forall c, t \quad (24)$$

$$CMB_{b,t,q} = CMB_{b,(t-1),q} * CEB_{b,t,q} \quad \forall b, q, t \quad (25)$$

$$tex_{b,q} * KB_b \leq CMB_{b,t,q} \leq tex_{b,q} * BB_b \quad \forall b, q, t \quad (26)$$

$$\sum_q tex_{b,q} \leq 1 \quad \forall b \quad (27)$$

$$CAS_{d,t} = CAS_{d,(t-1)} + CES_{d,t} \quad \forall d, t \quad (28)$$

$$tey_d * KS_d \leq CAS_{d,t} \leq tey_d * BS_d \quad \forall d, t \quad (29)$$

$$CSN_{g,t} = CSN_{g,(t-1)} + CESN_{g,t} \quad \forall g, t \quad (30)$$

$$KSN_g \leq CSN_{g,t} \leq BSN_g \quad \forall g, t \quad (31)$$

Üretim ve Stok Kapasitesi Kısıtları

(32), (33) ve (34) numaralı kısıtlar bir tesisten diğerine taşınan malzeme miktarının o tesisteki ilgili kapasiteyi aşmaması gerektiğini belirten kısıtlamadır. (35), (36), (37) ve (38) numaralı kısıtlar tesislerde stok tutmaya yönelik kapasite kısıtlamalarıdır.

$$\sum_i WT_{i,c,t} \leq TBJ_{c,t} \quad \forall c, t \quad (32)$$

$$\sum_c QT_{c,b,t,q} \leq CMB_{b,t,q} \quad \forall b, t, q \quad (33)$$

$$\sum_b \sum_q BT_{b,d,t,q} \leq CAS_{d,t} \quad \forall d, t \quad (34)$$

$$HJ_{c,t} \leq TBJ_{c,t} \quad \forall c, t \quad (35)$$

$$HB_{b,t,q} \leq CMB_{b,t,q} \quad \forall b, t, q \quad (36)$$

$$HS_{d,t} \leq CAS_{d,t} \quad \forall d, t \quad (37)$$

$$HSN_{g,t} \leq CSN_{g,t} \quad \forall g, t \quad (38)$$

5.2. Önerilen Matematiksel Modelin Formülasyonu

Bu çalışmada çok amaçlı tedarik zinciri ağ tasarımı modeli hedef programlama çözüm metodu ile şu şekilde formülize edilmiştir:

Hedef Programlamaya Ait Amaç Fonksiyonu

(39) numaralı fonksiyon çok amaçlı programlama modellerinin çözümünde kullanılan hedef fonksiyonu ifade etmektedir. Bu fonksiyonda maliyet amaç fonksiyonunun önem düzeyi (w_1) %70, çevresel etki amaç fonksiyonunun önem düzeyi (w_2) ise; %30 olarak ele alınmıştır.

$$z=w1*p1+w2*p2 \quad (39)$$

1. Amaca Ait Hedef Fonksiyonu

(40) nolu denklem ile gösterilen maliyet amaç fonksiyonuna ait hedef fonksiyonunun değeri, maliyet amaç fonksiyonu için tam sayılı doğrusal programlama modeli ile çözüm yapıldığında ortaya çıkan sonuçtan küçük veya eşit olmalıdır.

$$\begin{aligned}
h1: & \sum_i SCJ_i * tea_i + \sum_c SCC_c * teb_c + \sum_b \sum_q SCB_{b,q} * tex_{b,q} + \sum_d SCS_d * \\
& tey_d + \sum_i DCJ_i * TAJ_i + \sum_c \sum_t DCC_{c,t} * TBJ_{c,t} + \sum_b \sum_t \sum_q DCB_{b,t,q} * CMB_{b,t,q} + \\
& \sum_d \sum_t DCS_{d,t} * CAS_{d,t} + \sum_i \sum_t MCJ_{i,t} * MJ_{i,t} \sum_c \sum_t MCO_{c,t} * MO_{c,t} + \\
& \sum_b \sum_t \sum_q MCB_{b,t} * MB_{b,t,q} + \sum_b \sum_t \sum_q MCG_{b,t} * MG_{b,t,q} + \sum_c \sum_t HCJ_{c,t} * HJ_{c,t} + \\
& \sum_b \sum_t \sum_q HCB_{b,t} * HB_{b,t,q} + \sum_b \sum_t \sum_q HCG_{b,t} * HG_{b,t,q} + \sum_d \sum_t HCS_{d,t} * HS_{d,t} + \\
& \sum_i \sum_c \sum_t WCT_{i,c,t} * WT_{i,c,t} + \sum_c \sum_b \sum_t \sum_q FCT_{c,b,t} * QT_{c,b,t,q} + \\
& \sum_b \sum_q \sum_d \sum_t BCT_{b,d,t} * BT_{b,q,d,t} + \sum_b \sum_q \sum_g \sum_t GCT_{b,g,t} * GT_{b,g,t,q} - p1 + n1 \leq \\
& 2.60072E + 11 \quad (40)
\end{aligned}$$

2. Amaca Ait Hedef Fonksiyonu

(41) nolu denklem ile gösterilen çevresel etki amaç fonksiyonuna ait hedef fonksiyonunun değeri, çevresel etki amaç fonksiyonu için tam sayılı doğrusal programlama modeli ile çözüm yapıldığında ortaya çıkan sonuçtan küçük veya eşit olmalıdır.

$$\begin{aligned}
h2: & \sum_i cva_i * tea_i * TAJ_i + \sum_c \sum_t cvb_c * teb_c * TBJ_{c,t} + \sum_b \sum_t \sum_q cvc_b * tex_{b,q} * \\
& CMB_{b,t,q} + \sum_c \sum_t CEI_c * MO_{c,t} + \sum_b \sum_t \sum_q CB_{b,q} * MB_{b,t,q} + \sum_c \sum_t CEH_c * HJ_{c,t} + \\
& \sum_b \sum_t \sum_q CZH_b * HB_{b,t,q} \sum_b \sum_t \sum_q CEG_b * HG_{b,t,q} + \sum_d \sum_t CFH_d * \\
& HS_{d,t} + \sum_i \sum_c \sum_t CJT_{i,c} * MESIC_{i,c} * WT_{i,c,t} + \sum_c \sum_b \sum_t \sum_q COT_{c,b} * MESCB_{c,b} * \\
& QT_{c,b,t,q} + \sum_b \sum_d \sum_t \sum_q CBT_{b,d} * MESBD_{b,d} * BT_{b,d,t,q} + \sum_b \sum_g \sum_t \sum_q CGT_{b,g} * \\
& MESBG_{b,g} * GT_{b,g,t,q} - p2 + n2 \leq 5.119321E + 9 \quad (41)
\end{aligned}$$

Hedef programlama modeline ait kısıtlar, doğrusal programlama modelindeki (10)-(38) arası kısıtlar ile aynı kalmıştır.



6. UYGULAMA

Bu bölümde, önerilen biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı modelinin uygulanabilirliği ve verimliliğini test edebilmek için Türkiye’de gerçek bir duruma modelin uygulaması yapılmıştır.

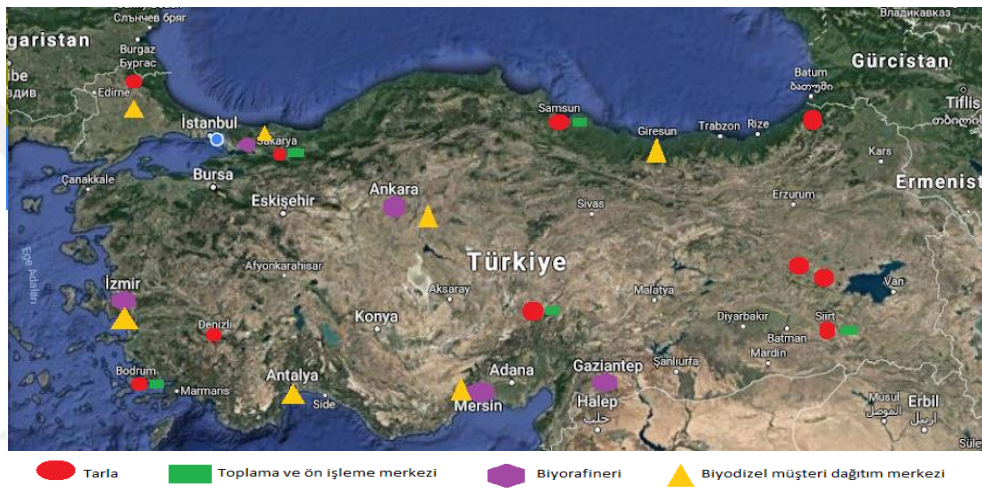
6.1. Türkiye’de Biyodizel

Dünyada biyoyakıtlara olan ilgi her geçen gün artış göstermektedir. Biyoyakıtlar ile ilgili yaşanan gelişmelere ülkemiz de yanıtız kalamamış başta biyodizel yakıtlar ile ilgili olmak üzere gün geçtikçe yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili yapılmış çalışmalarda artış yaşanmıştır.

Türkiye’de bitkisel kaynaklı yakıtlar ilk olarak 1934 yılında gündeme gelmiştir. Atatürk Orman Çiftliği’nde bitkisel yağ kullanımı traktörler üzerinde denenmiş ve bitkisel yağların kullanımı üzerine çalışmalar yapılmıştır. Ülkemizde, 1970 yılında yaşanan petrol krizi sonrasında alternatif yakıtlar olarak biyodizel ve biyogaz göz önüne alınmış ancak bir süre sonra bundan vazgeçilmiştir. 1998 yılındaki 1. Enerji Şurası’ndan sonra biyodizel yakıtlar ile ilgili çalışmalar tekrar önem kazanmıştır. Özellikle 2000’li yıllardan sonra çok sayıda girişimci biyodizel üretim sektörüne giriş yapmıştır. 2000’li yıllardan itibaren ülkemizde biyodizel yakıtlara, girişimcilerce, medya ve devlet kurumlarınca artan bir ilgi söz konusudur. Bu ilginin sonucunda ülkemizde 2014 yılından itibaren her yıl farklı oranlarda dizel yakıtlara biyodizel yakıt harmanlama zorunluluğu getirilmiştir. Tam bir tarım cenneti olan ülkemizde biyodizel yakıtların hammaddesini oluşturan yağlı tohumlu bitkilerin yetiştirilebileceği çok fazla miktarda alan bulunmaktadır. Biyodizel üretimiyle ülkemiz için sağlanması muhtemel avantajlar arasında; kırsal kalkınma, enerji arzına sağlanacak katkı, atık yağların değerlendirilebilmesi, sera etkisinin azalması ve şehirlere göç oranlarının asgari düzeye düşürülmesi sayılabilir (Sabancı vd., 2006).

6.2. Veri Toplama

Bu çalışmadaki biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı probleminde jatropha tarlaları için son 4 yıllık Türkiye yağış ortalamasına göre 10 aday il, jatropha toplama ve ön işleme merkezleri için 5 aday il, biyorafineriler için 5 aday il, biyodizel müşteri dağıtım merkezleri için petrol firmalarının ana terminallerine göre 7 aday il, gliserin müşteri merkezleri için Türkiye'nin önemli gliserin üreticisi firmalarının bulunduğu konuma göre 2 aday yer, teknoloji içinde 2 farklı teknoloji belirlenmiştir (Şekil 6.1.).



Şekil 6.1. Tarla ve tesisler için aday iller

Modelde 4 yıllık bir planlama öngörülmüştür. Biyodizel talebi; EPDK'nın (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) 2014 yılından itibaren başlattığı dizel yakıtlara her yıl için sırasıyla %0,1, %0,2, %0,3 ve %0,4 biyodizel harmanlama zorunluluğu göz önünde bulundurularak, toplam dizel taleplerinin ilgili yıla ait harmanlama oranı ile çarpılmasıyla her bir yıl için hesaplanmıştır. Her bir ilin biyodizel talebini bulmak için toplam talep miktarı illerin nüfusuna göre oranlanarak dağıtılmıştır (Çizelge 6.1). Gliserin talebi ise; Uysal (2007) çalışmasındaki verilere göre Türkiye için toplam 20.000 ton olarak alınmıştır. Geriye kalan yıllar için gliserin talebi her yıl %5 arttırılmıştır (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.1. Yıllara göre biyodizel müşteri dağıtım merkezlerinin biyodizel talebi(ton)

İl/Periyot	1	2	3	4
Kırıkkale	616.385	1424.46	2319.32	3347.7
İzmir	9421.63	21773.32	35451.5	51171.3
Antalya	5166.39	11939.5	19439.9	28060
Tekirdağ	2145.92	4959.21	8074.6	11655
Giresun	975.87	2255.24	3672	5300.2
Mersin	3951.85	9132.70	14869.9	21463.5
Kocaeli	4051	9361.83	15243	22002

Çizelge 6.2. Yıllara göre gliserin müşteri merkezinin gliserin talebi(ton)

Gliserin Firması/Periyot	1	2	3	4
Gliserin1	10000	10500	11025	11576
Gliserin2	10000	10500	11025	11576

Modeldeki hesaplamalarda kullanılan dönüşüm faktörü parametreleri Çizelge 6.3.'te gösterilmektedir.

Çizelge 6.3. Dönüşüm faktörü (Babazadeh, 2017)

Dönüşüm Faktörü	Açıklaması	Değeri
Alfa	Jatropha tohumlarının yağa dönüşüm faktörü	0.35
Gama	Jatropha yağının biyodizele dönüşüm faktörü	0.83

Modelde tarlalar için gerekli minimum ve maksimum arazi alanı TÜİK verilerinden yararlanılarak hesaplanmıştır (TÜİK, 2018). Toplama ve ön işleme merkezlerinin kapasite sınırları [224732.1,380984.3] ton, biyorafinerilerin kapasite sınırları [48702.98,176741.1] ton, biyodizel müşteri dağıtım merkezlerinin kapasitesi [7707.92,147817.8] ton, gliserin müşteri merkezinin kapasitesi ise; [7707.92,147817.8] ton olarak alınmıştır.

Lokasyonlar arası ulaştırma maliyetleri hesaplanırken 2,2 lt motor hacmine sahip bir dizel kamyonetin yakıt tüketimi baz alınarak, km başına maliyetler Őehir içi 54 kuruŐ ve Őehirlerarası 42 kuruŐ olarak alınmıştır. Modelde tarla satın almanın, toplama ve ön işleme merkezi, biyorafineri ile biyodizel müşteri dağıtım merkezi açmanın sabit maliyeti Çizelge 6.4., 6.5., 6.6. ve 6.7.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. Tarla açmanın hektar başına sabit maliyeti

İL	SABİT MALİYET (TL)
Kırklareli	900000
Sakarya	390000
Muğla	570000
Denizli	390000
Artvin	900000
Samsun	630000
Kayseri	630000
Bitlis	660000
Muş	870000
Siirt	510000

Çizelge 6.5. Toplama ve ön işleme merkezi açmanın sabit maliyeti

İL	SABİT MALİYET (TL)
Sakarya	96000
Muğla	475000
Samsun	250000
Kayseri	770000
Siirt	395000

Çizelge 6.6. Biyodizel müşteri dağıtım merkezi açmanın sabit maliyeti

İL	SABİT MALİYET (TL)
Kırıkkale	34000
İzmir	75000
Antalya	795000
Tekirdağ	405000
Giresun	450000
Mersin	1000000
Kocaeli	620000

Çizelge 6.7. Farklı teknolojide biyorafineri açmanın sabit maliyeti

İL	SABİT	SABİT
	MALİYET (TL)(CPU1000)	MALİYET (TL) (BDX1000)
Gaziantep	3487500	674250
Ankara	3487500	674250
İzmir	3487500	674250
Kocaeli	3487500	674250
Mersin	3487500	674250

Değişken maliyetler ilgili sabit maliyetlerin %10'u alınarak hesaplanmış ve stok maliyetleri ilgili sabit maliyetin %26'sı alınarak hesaplanmıştır.

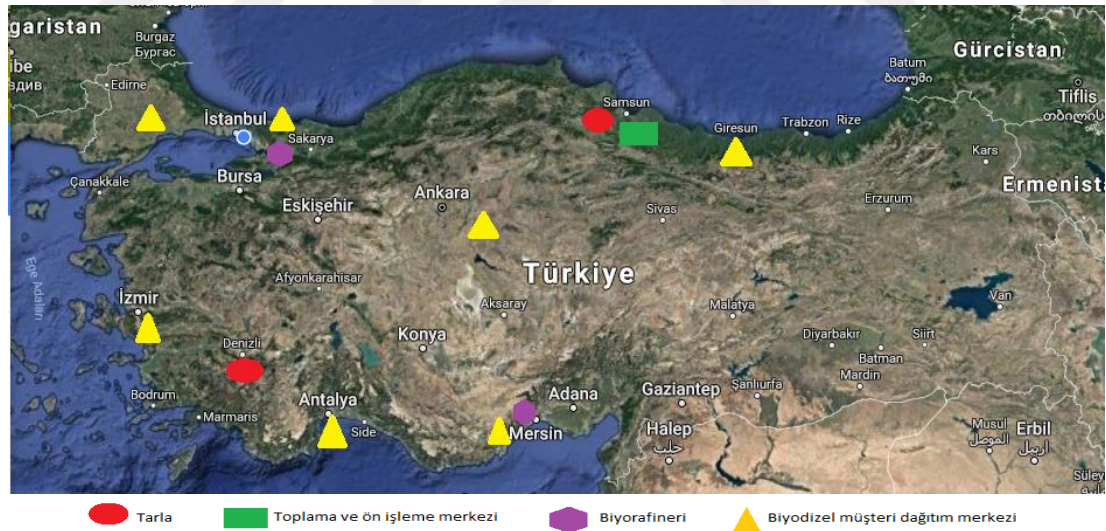
Modelde CO₂ etki değerleri Babazadeh vd.'nin "A Sustainable Second-Generation Biodiesel Supply Chain Network Design Problem Under Risk" isimli çalışmalarından alınmıştır. Bu değerler Çizelge 6.8.'de gösterilmiş ve modeldeki her bir il için aynı olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 6.8. Parametrelerin çevreye saldıkları CO₂ etkisi

Parametre	Çevreye Salınan CO ₂ Etkisi
cva_i	1554
cvb_c	2759.99
cvc_b	1853.33
cvd_d	20.49
CEI_c	1940
CEH_c	4.44
CFH_d	32.9
CZH_b	32.9
CEG_b	22
$CB_{b,q}$ (CPU1000 Teknolojisi İçin)	630
$CB_{b,q}$ (BDX1000 Teknolojisi İçin)	325
$CG_{b,q}$ (CPU1000 Teknolojisi İçin)	631
$CG_{b,q}$ (BDX1000 Teknolojisi İçin)	320
$CJT_{i,c}$	0.00469
$COT_{c,b}$	0.00469
$CBT_{b,d}$	0.00469
$CGT_{b,g}$	0.00469

6.3. Bulgular

Önerilen Tam Sayılı Doğrusal Programlama modelinin çözümü için tüm amaçlar önce tek tek GAMS programı CPLEX çözücüsü yardımıyla çözümlenmiştir. Ardından ağırlıklı çok hedefli programlama metodu ile tüm amaç fonksiyonları aynı anda GAMS programı BARON çözücüsünde optimize edilmiştir. Elde edilen optimum sonuca göre toplam maliyet 2,60072E+11 TL olarak 0 saniye 223 salisede, çevresel etki 5.119321E+9 kg olarak 3 dakika 18 saniye 307 salisede, hesaplanmıştır. Ağırlıklı çok hedefli programlama fonksiyonu ise 1.601717E+8 olarak 26 saniye 343 salisede hesaplanmıştır. Jatropha yetiştirilecek 10 aday tarla içerisinde Samsun ve Denizli seçilmiştir. Jatropha toplama ve ön işleme merkezi olmaya aday 5 il içerisinde Samsun seçilmiştir. Biyorafineri olmaya aday 5 il içerisinde Kocaeli ve Mersin seçilmiştir. Ayrıca bu illerin her ikisinde de BDX1000 tipi teknoloji tesis kurulmasına karar verilmiştir. Biyodizel müşteri dağıtım merkezi olarak İzmir, Kocaeli, Mersin, Kırıkkale, Antalya, Tekirdağ ve Giresun illerinin seçilmesine karar verilmiştir (Şekil 6.2).



Şekil 6.2. Model tarafından açılmasına karar verilen tarla ve tesisler

Önerilen biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımına göre periyotlara göre tarlalarda üretilebilen jatropha tohumu miktarı Çizelge 6.8.'de gösterilmiştir. Her bir periyot için farklı teknolojilere ait üretilebilen biyodizel ve gliserin miktarı Çizelge 6.9.'da gösterilmiştir. Her bir periyot için toplama ve ön işleme merkezlerinde üretilebilen jatropha yağı miktarı Çizelge 6.10.'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.8. Periyotlara göre tarlalarda üretilebilen jatropha miktarı(ton)

İl/Periyot	1	2	3	4
Denizli	57162.902	142888.273	0	0
Samsun	33470.644	167353.220	366250.4	366250.4

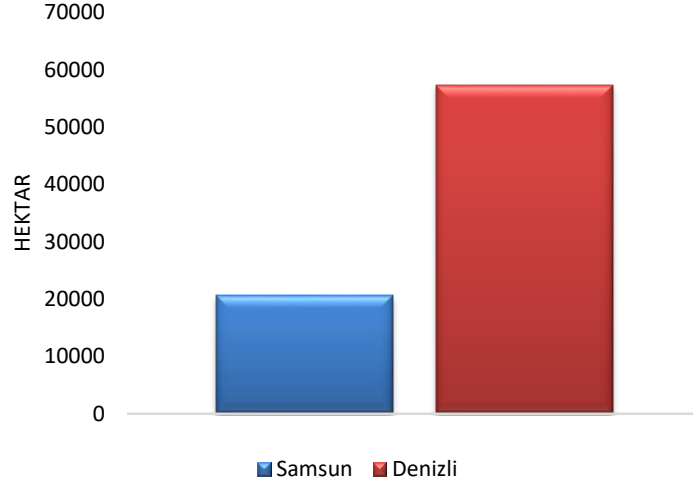
Çizelge 6.9. Periyotlara göre BDX1000 teknoloji biyorafinerilerde üretilen ürün miktarı(ton)

İl.Periyot/Ürün	Biyodizel	Gliserin
Kocaeli.1	22377.2	4583.28
Kocaeli.2	41437.61	8487.22
Kocaeli.3	66337.61	13587.22
Kocaeli.4	66337.61	13587.2
Mersin.1	3951.85	809.415
Mersin.2	34860.41	7140
Mersin.3	41318.27	8462.77
Mersin.4	52625.13	10778.64

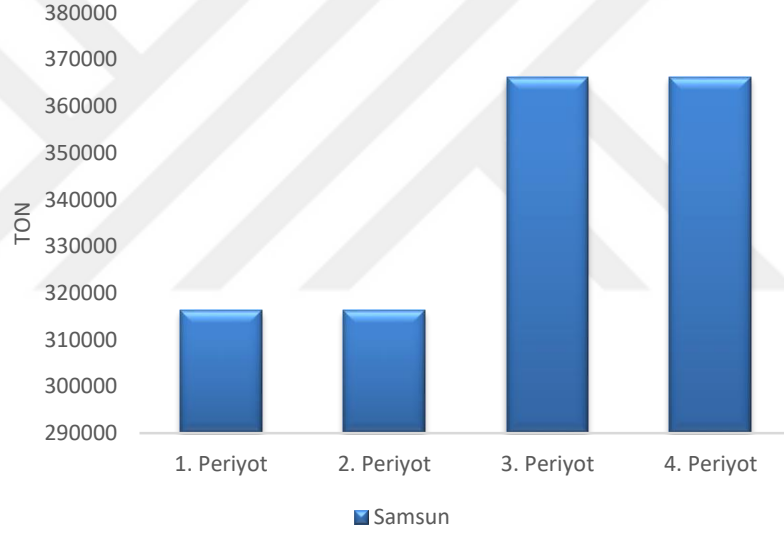
Çizelge 6.10. Periyotlara göre toplama ve ön işleme merkezlerinde üretilen jatropha yağı miktarı

İl/Periyot	1	2	3	4
Samsun	31721.74	108584.5	128187.6	128187.6

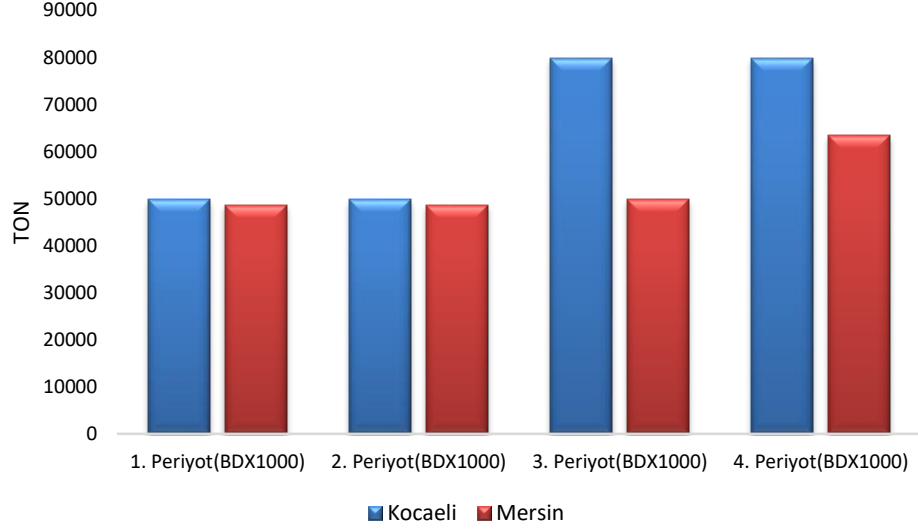
Önerilen modele göre sırasıyla; hektar cinsinden jatropha ekimi yapılabilecek en iyi tarla alanı, her bir periyotta toplama ve ön işleme merkezleri, farklı teknolojiye sahip biyorafineriler ve biyodizel müşteri dağıtım merkezlerine ait en iyi yerler ve kurulu kapasiteler Şekil 6.3., Şekil 6.4., Şekil 6.5. ve Şekil 6.6.'da gösterilmiştir.



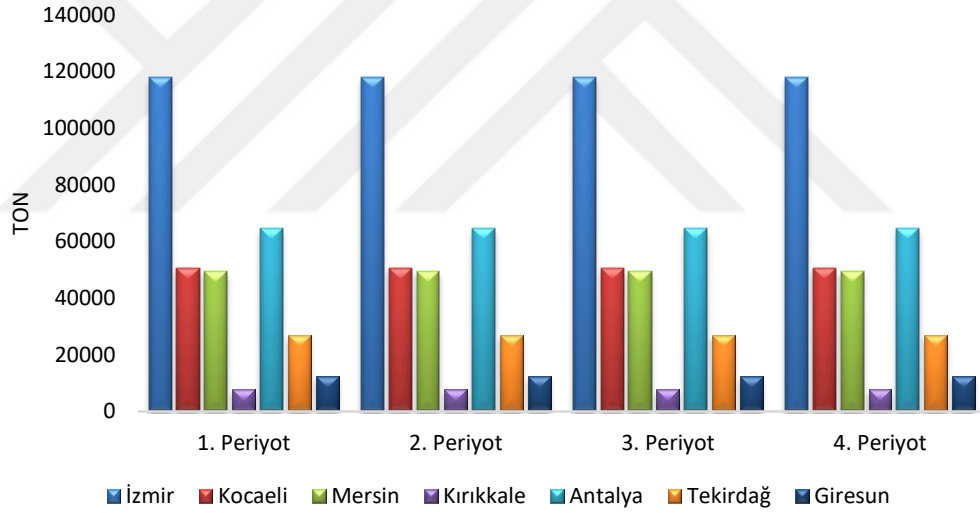
Şekil 6.3. Jatropha ekimi için seçilen uygun iller ve bu illere ait tarla alanı(Hektar)



Şekil 6.4. Her yıl için toplama ve ön işleme merkezi kurulumu için seçilen iller ve yıllık üretim kapasiteleri(ton)



Şekil 6.5. Her yıl için farklı teknoloji biyorafineri kurulumu için seçilen iller ve yıllık üretim kapasiteleri(ton)



Şekil 6.6. Her yıl için biyodizel müşteri dağıtım merkezi kurulumu için seçilen iller ve yıllık üretim kapasiteleri(ton)

Şekil 6.3., 6.4., 6.5. ve 6.6. önerilen modelin biyodizel tedarik zinciri ağı tasarımıdaki verimliliğini ve uygulanabilirliğini göstermektedir. Önerilen modelde biyodizel tedarik zinciri ağı tasarımı problemi dinamik şartlar altında değerlendirilerek, gereksiz dönemlerde tesislerin açılmasını engellemiş bu sayede yatırım maliyetlerinden tasarruf sağlamıştır.

6.4. Duyarlılık Analizi

Taşıma maliyetleri için yapılan duyarlılık analizleri sonucunda, taşıma maliyetlerinin artması sonucunda toplam maliyetlerde ufak değişiklikler gözlemlenmiştir (Çizelge 6.4.1.). %25 oranındaki artışa kadar maliyetlerde ufak çaplı artışlar yaşanmıştır. Bu aşamadan sonra ise; toplam maliyet düzensiz bir şekilde bazen azalış bazen de artış göstermiştir. Sonuç olarak taşıma konusundaki değişikliklere maliyet amaç fonksiyonu az miktarda duyarlı, CO₂ etki amaç fonksiyonu ise tamamen duyarsızdır.

Çizelge 6.4.1. Taşıma maliyetleri için duyarlılık analiz sonuçları

Taşıma Maliyetleri	Maliyet Amacı
%10 arttırılırsa	2.60463E+11
%15 arttırılırsa	2.60475E+11
%20 arttırılırsa	2.60486E+11
%25 arttırılırsa	2.60497E+11
%50 arttırılırsa	2.60221E+11
%75 arttırılırsa	2.60290E+11
%100 arttırılırsa	2.60358E+11

Daha genel anlamda bakarak karşılaştırma yapabilmek amacıyla bu değerleri şekil 6.4.1'deki grafikte ifade edilmiştir.

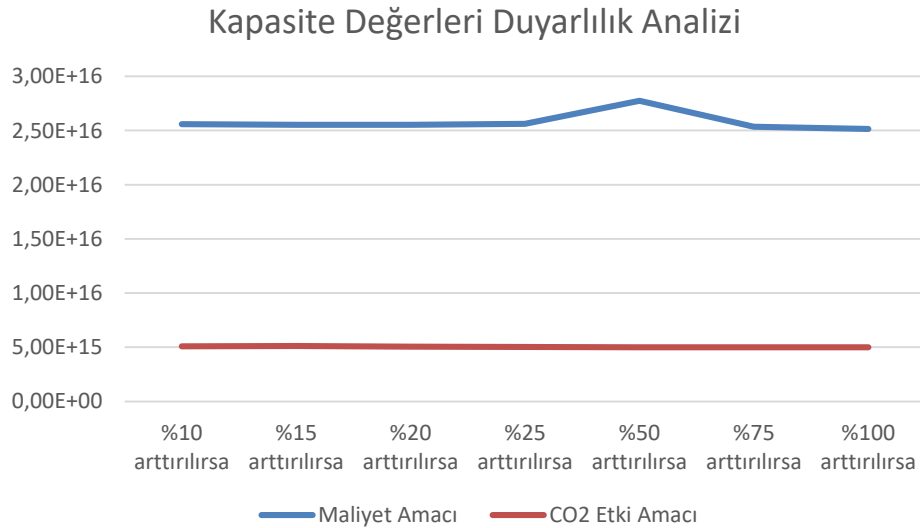
İkinci olarak duyarlılık analizi yaptığımız konu ise tesislere ait üst kapasitelerdir. Kapasitelere ait yapılan analizler sonucunda amaç fonksiyonlarının kapasite değişikliklerine duyarlı olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi talebin ancak karşılanması ile tesis kapasitelerinin hali hazırda tam dolu olarak kullanılmamasıdır. Çizelge 6.4.2.'de görülen sonuçlardan yola çıkılarak, tesis ve tarlalara ait kapasiteler arttırıldığında ilk olarak maliyet düşer. Ardından doyum noktasına ulaşarak sabit kalır. Belli bir aşamadan sonra ise yükselir.

Tesis ve tarlalara ait üst kapasitelerin arttırılması ile CO₂ etki değeri ise; düzensiz olarak bazen azalış bazen de artış göstermektedir. Sonuç olarak tesis ve tarlalara ait üst kapasiteler konusundaki değişikliklerde maliyet amaç fonksiyonu ve CO₂ etki amaç fonksiyonu duyarlıdır.

Çizelge 6.4.2. Üst kapasite değerlerine ait duyarlılık analizi sonuçları

Kapasite Değerleri	Maliyet Amacı	CO ₂ Etki Amacı
%10 arttırılırsa	2.55795E+11	5.089914E+9
%15 arttırılırsa	2.55315E+11	5.117492E+9
%20 arttırılırsa	2.55315E+11	5.066964E+9
%25 arttırılırsa	2.56127E+11	5.041755E+9
%50 arttırılırsa	2.77328E+11	4.993410E+9
%75 arttırılırsa	2.53491E+11	4.999446E+9
%100 arttırılırsa	2.51585E+11	4.992586E+9

Sonuçları grafik ile ifade ettiğimizde ise şekil 6.4.2'deki grafik elde edilmektedir.



Şekil 6.4.2. Kapasite değerlerine ait duyarlılık analizi grafiği

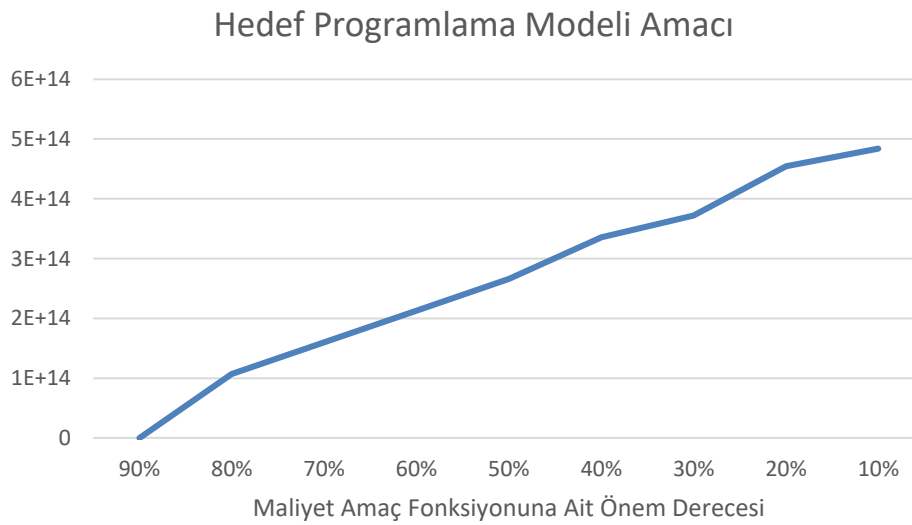
Son olarak duyarlılık analizi yaptığımız konu her bir amaç fonksiyonuna ait önem derecesidir. Hedef programlama modelinde önem derecelerine ait yapılan

analizler sonucunda hedef fonksiyonunun yapılan değişikliklerine duyarlı olduğu gözlemlenmiştir. Buradaki değişiklik maliyet amaç fonksiyonuna ait önem derecesinin azalıp CO2 etki amaç fonksiyonunun önem derecesinin artmasıyla birlikte hedef programlama modeline ait sonuçların sürekli artış göstermesi şeklinde olmuştur (Şekil 6.4.3.).

Çizelge 6.4.3. Önem derecelerine ait duyarlılık analizi sonuçları

Maliyet Amaç Fonksiyonuna Ait Önem Derecesi	Hedef Programlama Modeli Amacı
%90	0.5436437E+8
%80	1.072680E+8
%70	1.601717E+8
%60	2.130754E+8
%50	2.662504E+8
%40	3.357318E+8
%30	3.717864E+8
%20	4.542644E+8
%10	4.838122E+8

Sonuçları grafik ile ifade ettiğimizde ise şekil 6.4.3'deki grafik elde edilmektedir.

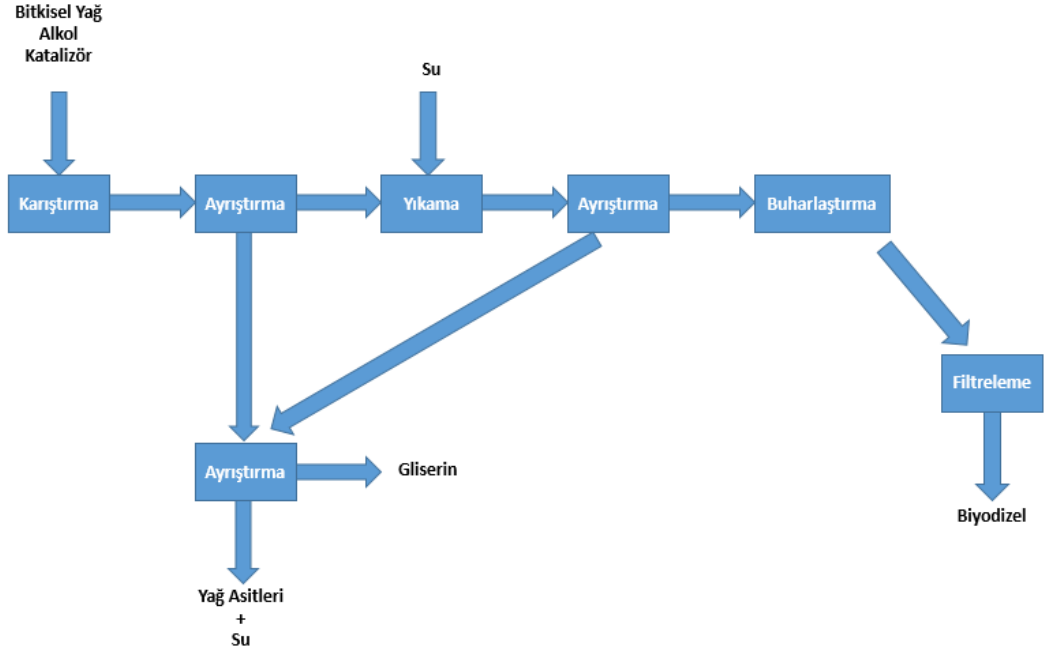


Şekil 6.4.3. Önem derecelerine ait duyarlılık analizi grafiği

7. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Artan nüfus ve sanayileşmeye bağlı olarak, dünyada petrol türevi yakıtlara olan talep her geçen gün katlanarak artmaktadır. Fakat petrol türevi yakıt rezervinin 51 yıllık bir talebi karşılayabilecek durumda olması ve petrol türevi yakıtların emisyon değerlerinin yüksek olmasından ötürü biyodizel yakıtlara olan ilgi her geçen gün artış göstermektedir.

Gıda krizleri, enerji güvenliği ve sera gazı etkisi gibi problemlere sürdürülebilir ve uygulanabilir çözümler bulma isteği, gelecek vaat eden çözümlerden biri olan yenilemeyen hammaddeden ikinci nesil biyodizel üretimini gerekli kılmaktadır (Şekil 7.1.). Biyodizel tedarik zinciri ağının entegre bir şekilde tasarlanması, biyodizel yakıtların ticari açıdan canlılığını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu çalışmada ilk olarak biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımıyla ilgili literatürde daha önceden yapılmış çalışmalar incelenmiş ve sistematik bir şekilde kategorize edilmiştir. Ardından literatürdeki boşluklardan hareketle Türkiye için entegre bir biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı modeli geliştirilmiştir. Önerilen model stratejik ve taktiksel kararları birleştiren çok dönemli, çok ürünlü ve çok amaçlı bir tedarik zinciri ağ tasarımı modelidir. Önerilen modelin performansını arttırabilmek için Türkiye’de gerçek verilerden faydalanılmıştır. Sonuçlar biyodizel tedarik zinciri ağının dinamik şartlar altında değerlendirilmesiyle gereksiz kuruluş maliyetlerinden kaçınılacağını göstermektedir.



Şekil 7.1. Biyodizel üretim süreci

Önerilen model, ülkemizde son 4 yıla ait biyodizel yakıtlar ile ilgili olarak oluşturulmuş yönetmeliklerdeki biyodizel yakıt harmanlama oranı, biyodizel talebi ile ilgili verilen hesaplanması esnasında dikkate alınmıştır.

Gerçekleştirilen çalışmada Türkiye için 4 yıllık bir planlama ufkuyla gerçek veriler kullanılarak çok amaçlı, çok dönemli ve çok teknoloji bir biyodizel tedarik zinciri ağ tasarımı problemi ele alınmıştır. Önerilen probleme ait model; kuruluş, taşıma, stok ve dağıtım maliyetlerini minimize ederken, tüm değişkenlerin çevresel etkilerini optimize etmektedir.

Geliştirilen model çok amaçlı yapıda olması nedeniyle tüm amaçlar önce tek tek GAMS programı CPLEX çözücüsü yardımıyla çözümlenmiştir. Ardından ağırlıklı çok hedefli programlama metodu ile tüm amaç fonksiyonları aynı anda GAMS programı BARON çözücüsünde optimize edilmiştir. Yapılan analiz neticesinde kurulan tedarik zinciri ağının önümüzdeki 4 yıl için, maliyeti 2.60072E+11 TL olarak, çevresel etki değeri 5.119321E+9 kg olarak hesaplanmıştır. Ağırlıklı çok hedefli programlama yöntemi ile çözüm yapıldığında maliyet fonksiyonu %70, çevresel etki fonksiyonu %30 oranında ağırlıklandırılmıştır. Böylece modele ait

çok amaçlı hedef programlama modeli çözümü $1.601717E+8$ olarak hesaplanmıştır.

Gelecekte bu konuda yapılması muhtemel çalışmalarda birinci nesil biyodizel tedarik zinciri modeli ile ilgili çalışma yapmak yerine ikinci nesil biyodizel tedarik zinciri modeline odaklanmalıdır. Bu bağlamda tarlalardan müşterilere kadar ilgili tüm elemanlar optimizasyonda dikkate alınmalıdır. Ayrıca tüm önemli stratejik ve taktiksel kararlar en uygun koşullarda belirlenerek dikkate alınmalıdır. Ayrıca bundan sonraki çalışmalar sürdürülebilirlik üzerine yoğunlaşmalıdır. Kısacası biyodizel yakıtlar ile ilgili bundan sonra yapılacak çalışmalar ağı çevresel ve sosyal yönden de inceleyebilecek çok amaçlı bir yapıya sahip olmalıdır.

KAYNAKLAR

- 2017 Petrol Piyasası Sektör Raporu, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>, Erişim Tarihi: 20 Nisan 2018.
- Akman S., 2015. Türkiye Biyodizel Piyasası İncelemesi, Düzenlemesi ve 2020 Projeksiyonu. Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Ankara.
- An H., Wilhelm W. E., Searcy W. S., 2011. Biofuel and petroleum-based fuel supply chain research: a literature review. *Biomass- Bioenergy*. 35(9). 3763-3774.
- Ataman A. R., 2007. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Atlas M., 2008. Çok Amaçlı Programlama Çözüm Tekniklerinin Sınıflandırılması. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 8(1). 47-68.
- Azadeh A., Arani H. V., 2016. Biodiesel Supply Chain Optimization Via A Hybrid System Dynamics-Mathematical Programming Approach. *Renewable Energy*. 93. 383-403.
- Azadeh A., Arani H. V., Dashti H., 2014. A Stochastic Programming Approach Towards Optimization of Biofuel Supply Chain. *Energy*. 76. 513-525.
- Azadeh A., Babazadeh R., Asadzadeh S. M., 2013. Optimum Estimation and Forecasting of Renewable Energy Consumption by Artificial Neural Networks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 27. 605-612.
- Babazadeh R., 2017. Optimal Design And Planning of Biodiesel Supply Chain Considering Non-Edible Feedstock. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 75. 1089-1100.
- Babazadeh R., Razmi J., Pishvae M. S., Rabbani M., 2017. A Sustainable Second-Generation Biodiesel Supply Chain Network Design Problem Under Risk. *Omega*. 66. 258-277.
- Bai Y., Ouyang Y., ShiPang J., 2015. Enhanced Models And Improved Solution For Competitive Biofuel Supply Chain Design Under Land Use Constraints. *European Journal of Operational Research*. 249. 281–297.
- Balaman Ş., Selim H., 2016. Sustainable Design Of Renewable Energy Supply Chains Integrated With District Heating Systems: A Fuzzy Optimization Approach. *Journal of Cleaner Production*. 133. 863-885.
- Banos R., Gomez J. ve diğerleri, 2011. Optimization Methods Applied To Renewable And Sustainable Energy: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15(4). 1753-1766.

- Bayındır M. S., 2010. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Avrupa Birliği ve Türkiye Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Biyodizel, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyodizel.aspx>, Erişim Tarihi: 25 Nisan 2018.
- Cabellero R., Ruiz F., Uria M. V. R., Romero C., 2006. Interactive Meta-Goal Programming. European Journal of Operational Research Volume. 175. 134.
- Çakar A., Şener B., 2008. Biyodizel. Yıldız Teknik Üniversitesi OFM Fizik Öğretmenliği. Alan Eğitiminde Araştırma Projesi. İstanbul.
- Datta A, Mandal B. K., 2016. A comprehensive review of biodiesel as an alternative fuel for compression ignition engine. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 57. 799-821.
- Demir İ., 2001. Güneş Enerjisinin Isıl Uygulamaları. Temiz Enerji Vakfı. Ankara.
- Demirbaş A., 2006. Global Renewable Energy Resources. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects. 28(8). 779-792.
- Demirbaş A., 2010. Biodiesel for Future Transportation Energy Needs. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects. 32(16). 1490-1508.
- Dias L. S., Lerapetritou M. G., 2017. From Process Control to Supply Chain Management: An Overview of Integrated Decision Making Strategies. Computers & Chemical Engineering. 106. 826-835.
- Fontes C. H. O., Freires F. G. M., Saavedra M. R., 2018. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 82(1). 247-259.
- Gezer E. H., 2013. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Türkiye. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Gold S., Seuring S., 2011. Supply Chain and Logistics Issues Of Bio-Energy Production. Journal of Cleaner Production. 19(1). 32-42.
- Gupta J., Agarwal M., Dalai A. K., 2016. Optimization of Biodiesel Production From Mixture Of Edible And Nonedible Vegetable Oils. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 8. 112-120.
- Hoekman S. K., Broch A., Robbins C., Cenicerros E., Natarajan M., 2012. Review of biodiesel Composition, properties, and specifications. Renewable Sustainable Energy Reviews. 16. 143-69.
- Ignazio J. P., 1985. Introduction to Linear Goal Programming. Sage Publication. 11-12.

- Ignizio, J. P., Romero, C., 2003. Goal Programming. Encyclopedia of Information Systems. 2. 489-500.
- Jiang Y., Zhang Y., 2016. Supply Chain Optimization Of Biodiesel Produced From Waste Cooking Oil. Transportation Research Procedia. 12. 938-949.
- Juan J.C., Kartika D.A., Wu T.Y., Hin T.Y., 2011. Biodiesel production from jatropha oil by catalytic and non-catalytic approaches: an overview. Bioresource Technology. 102(2). 452-460.
- Koçak A., 2001. Türkiye’de Jeotermal Enerji Aramaları ve Potansiyeli. Türkiye III. Enerji Sempozyumu. Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Ulusal Enerji Politikaları. Ankara.
- Kumar S., Chaube A., Jain S.K., 2012. Sustainability issues for promotion of Jatropha biodiesel in Indian scenario: a review. Renewable Sustainable Energy Reviews. 16(2). 1089-98.
- Mohseni S., Pishvae M. S., 2016. A robust programming approach towards design and optimization of microalgae-based biofuel supply chain. Energy 111. 736-755.
- Özcan, U., Toklu, B. 2009. Multiple-Criteria Decision-Making in Two-Sided Assembly Line Balancing: A Goal Programming And A Fuzzy Goal Programming Models. Computers & Operations Research. 36. 1955-1965.
- Ozcanli M., Gungor C., Aydin K., 2013. Biodiesel Fuel Specifications: A Review. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects. 35(7). 635-647.
- Ozdingis A. G. B., Kocar G., 2018. Current and Future Aspects of Bioethanol Production and Utilization in Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 81(2). 2196-2203.
- Öztürk A., 2016. Yöneylem Araştırması. Ekin Kitabevi.
- Öztürk M. U., 2007. Üretim Planlamasında Çok Hedefli Doğrusal Programlama ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi. Bursa.
- Paksoy T., 2005. Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıt Altında Stratejik Bir Üretim-Dağıtım Modeli. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi. 14. 435-454.
- Pasandideh S. H. R., Niaki S. T. A., Asadi K., 2014. Bi-objective optimization of a multi-product multi-period three-echelon supply chain problem under

- uncertain environments: NSGA-II and NPGA. *Information Sciences*. 292. 57-74.
- Poulton, M.L., 1994. *Alternative Fuels for Road Vehicles*. Computational Mechanics Publications, Southampton.
- Ren J., Dong L., Sun L., Goodsite M. E., Tan S., Dong L., 2015. Life Cycle Cost Optimization Of Biofuel Supply Chains Under Uncertainties Based On Interval Linear Programming. *Bioresource Technology*. 187. 6-13.
- Rincón L. E., Valencia M. J., Hernández V., Matallana L. G., Cardona C. A., 2014. Optimization of the Colombian biodiesel supply chain from oil palm crop based on techno-economical and environmental criteria. *Energy Economics*. 47. 154-167.
- Romero, C., 2004. A General Structure of Achievement Function For A Goal Programming Model. *European Journal of Operational Research*. 153(3). 675-686.
- Sabancı, A., Atal M., Yaşar A., 2006. Türkiye’de Biyodizel Kullanım ve Olanakları, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*. 2(1). 33-39.
- Sahota S., Shah G., Ghosh P., Kapoor R., Sengupta S., Singh P., Vijay V. ve diğerleri, 2018. Review of Trends in Biogas Upgradation Technologies and Future Perspectives. *Bioresource Technology Reports*. (1). 79-88.
- Sajjadi B., AbdulRaman A.A., Arandiyani H., 2006. A comprehensive review on properties of edible and non-edible vegetable oil-based biodiesel: composition, specifications and prediction models. *Renewable Sustainable Energy Reviews*. 63. 62-92.
- Şengelen H. E., 2016. Yenilenebilir Enerji Kaynakları İle Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Panel Veri Analizi İle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Şengül Ü., 2010. Tersine Lojistik Ağ Tasarımında Karma Tamsayı Programlama Modeli ve Ambalaj Atıkları Geri Dönüşümü İçin Bir Uygulama. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Silitonga A. S., Atabani A. E., Mahlia T. M. I., Masjuki H.H., Badruddin I. A., Mekhilef S., 2011. A Review on prospect of *Jatropha curcas* for biodiesel in Indonesia. *Renewable Sustainable Energy Reviews*. 15(8). 3733-56.
- Taha H. A., 2010. *Yöneylem Araştırması*. Literatür Yayıncılık.
- Tapanes N. C. O., Aranda D. A. G., Carneiro J. W. M., Antunes O. A. C., 2008. Transesterification of *Jatropha curcas* oil glycerides: theoretical and experimental studies of biodiesel reaction. *Fuel*. 87. 2286-95.

- Temur G. T., 2012. Tersine Lojistik Ağlarında Sürdürülebilirlik Yaklaşımına Yönelik Çok Amaçlı Bir Model Önerisi: Elektronik Atık Sektöründe Bir Uygulama, İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İşletme Mühendisliği Programı, Doktora Tezi, İstanbul.
- Temur G. T., Ayvaz B., Bolat B., 2015. Tersine Lojistik Yönetimi: Dünyada ve Türkiye’de Durum. 1.Baskı. Nobel Yayıncılık.
- Tresu L., Tsapekos P., Luo G., Wenzel H. ve diğerleri, 2018. Biogas Upgrading and Utilization: Current Status and Perspectives. *Biotechnology Advances*. 36(2). 452-466.
- Türkoğlu S.P., 2017. Karar Vermede Hedef Programlama Yöntemi ve Uygulamaları. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 1(2). 29-46.
- Uysal B. Z., 2007. Biyodizel Prosesi Yan Ürünü Gliserin. *Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu bildiriler kitabı içinde (177-226)*. Ankara: Gazi Üniversitesi.
- Verma P., Sharma M. P., 2016. Review of process parameters for biodiesel production from different feedstocks. *Renewable Sustainable Energy Reviews*. 62. 1063-1071.
- Yakıtlarına Göre Trafiğe Kayıtlı Motorlu Kara Taşıtı Sayısı, Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24596> , Erişim Tarihi: 12 Mart 2018.
- Yue D., You F., Snyder S. W., 2014. Biomass-to-biofuel supply chain optimization: overview, key issues and challenges. *Computers & Chemical Engineering*. 66. 36-56.
- Zilberman D., Hochman G., Rajagopal D., Sexton S. ve Timilsina G., 2012. The Impact of Biofuels on Commodity Food Prices: Assesment of Findings, *American Journal of Agricultural Economics*. 95(2). 275-281.

EKLER

EK A. Maliyet Amaç Fonksiyonuna Ait Doğrusal Programlama GAMS Kodları

sets

i JCL Yetistirme Merkezleri Icin Aday Yerleri /kirklareli, sakarya, mugla, denizli, artvin, samsun, kayseri, bitlis, mus, siirt/
c JCL Tohumu Toplama ve On Isleme Aday Merkezleri /sakarya, mugla, samsun, kayseri, siirt/
b Biyorafineri Aday Merkezleri /gaziantep, ankara, izmir, kocaeli, mersin/
d Biyodizel Dagitim Aday Merkezleri /kirikkale, izmir, antalya, tekirdag, giresun, mersin, kocaeli/
g Gliserin Tuketici Aday Merkezleri /gliserin1, gliserin2/
q Biyodizel Uretimi Icin Biyorafineride Kullanilacak Teknoloji Turu /CPU1000, BDX1000/
t zaman periyodu /1, 2, 3, 4/;

parameters

KA(i) i konumundaki JCL hammadde merkezi icin min arazi alani /
kirklareli 1227.3
sakarya 107.2
mugla 15333.4
denizli 19004.4
artvin 4000
samsun 20572
kayseri 184275.1
bitlis 11400
mus 25615
siirt 5733.4 /

BA(i) i konumundaki JCL hammadde merkezi icin max arazi alani /
kirklareli 235446.6
sakarya 169553.68
mugla 230331.76
denizli 352606.39
artvin 29692.1
samsun 375920.8
kayseri 578886.5
bitlis 123074
mus 247465.6
siirt 83530 /

KC(c) c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezi kapasite alt siniri /
sakarya 236204.3
mugla 224732.1
samsun 316250.4
kayseri 330984.3
siirt 78822.15 /

BC(c) c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezi kapasite ust siniri /
sakarya 286204.3
mugla 274732.1
samsun 366250.4
kayseri 380984.3
siirt 128822.1 /

KB(b) b konumundaki biyorafinerinin kapasite alt siniri /
gaziantep 53965.98
ankara 146741.106

izmir 116112.8
kocaeli 49924.83
mersin 48702.98 /

BB(b) b konumundaki biyorafinerinin kapasite ust siniri /
gaziantep 83965.98
ankara 176741.1
izmir 146112.8
kocaeli 79924.83
mersin 78702.92 /

KS(d) d konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite alt siniri /
kirikkale 7707.92
izmir 117817.8
antalya 64605.88
tekirdag 26834.84
giresun 12203.35
mersin 49418.04
kocaeli 50657.89 /

BS(d) d konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite ust siniri /
kirikkale 37707.92
izmir 147817.8
antalya 94605.88
tekirdag 56834.84
giresun 42203.35
mersin 79418.04
kocaeli 80657.89 /

KSN(g) g konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite alt siniri /
gliserin1 7707.92
gliserin2 117817.8
/

BSN(g) g konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite ust siniri /
gliserin1 37707.92
gliserin2 147817.8
/

SCJ(i) i konumunda JCL yetistirme merkezi(tarla) acmanin sabit maliyeti /
kirklareli 9000000
sakarya 3900000
muğla 5700000
denizli 3900000
artvin 9000000
samsun 6300000
kayseri 6300000
bitlis 6600000
mus 8700000
siirt 5100000 /

SCC(c) c konumunda JCL toplama ve on isleme merkezi acmanin sabit maliyeti /
sakarya 960000
muğla 475000
samsun 250000
kayseri 770000
siirt 395000 /

SCS(d) d konumunda biyodizel dagitim merkezi acmanin sabit maliyeti /
kirikkale 340000
izmir 750000
antalya 795000
tekirdag 405000
giresun 450000
mersin 1000000
kocaeli 620000 /

DCJ(i) i konumunda hektar basina JCL ekmenin degisken maliyeti /
kirklareli 90000
sakarya 39000
mugla 57000
denizli 39000
artvin 90000
samsun 63000
kayseri 63000
bitlis 66000
mus 87000
siirt 51000 /;

table lamda(i,t) t periyodunda i bolgesindeki JCL tarlalarinin hektar basina uretim miktarı

	1	2	3	4
kirklareli	0.441	2.205	8.821	17.642
sakarya	1.215	6.076	24.304	48.609
mugla	1.156	5.781	23.124	46.248
denizli	1.260	6.302	25.209	50.41
artvin	0.212	1.060	4.24	8.481
samsun	1.627	8.135	32.54	65.08
kayseri	1.702	8.514	34.05	68.11
bitlis	0.429	2.146	8.586	17.17
mus	0.514	2.572	10.288	20.57
siirt	0.405	2.027	8.11	16.221;

table TAL(d,t) t periyodunda d dagitim merkezi icin biyodizel talebi

	1	2	3	4
kirikkale	616.385	1424.463	2319.323	3347.75
izmir	9421.63	21773.32	35451.5	51171.31
antalya	5166.39	11939.5	19439.99	28060.01
tekirdag	2145.92	4959.21	8074.63	11655.07
giresun	975.87	2255.24	3672.003	5300.23
mersin	3951.85	9132.707	14869.95	21463.54
kocaeli	4051	9361.83	15243.02	22002.04;

table TG(g,t) t periyodunda g gliserin musteri merkezi icin gliserin talebi

	1	2	3	4
gliserin1	10.000	10500	11025	11576
gliserin2	10.000	10500	11025	11576;

table SCB(b,q) b konumunda q teknolojili biyorafineri acmanin sabit maliyeti

	CPU1000	BDX1000	
gaziantep	3487500	674250	
ankara	3487500	674250	
izmir	3487500	674250	
kocaeli	3487500	674250	
mersin	3487500	674250	;

table DCC(c,t) t periyodunda c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezinin kurulumunun birim kapasite basina degisken maliyeti

	1	2	3	4
sakarya	96000	120000	144000	168000
mugla	47500	59375	71250	83125
samsun	25000	31250	37500	43750
kayseri	77000	96250	115500	134750
siirt	39500	49375	59250	69125

table DCS(d,t) t periyodunda d konumundaki biyodizel dagitim merkezi kurulumunun birim kapasite basina degisken maliyeti

	1	2	3	4
kirikkale	34000	42500	51000	59500
izmir	75000	93750	112500	131250
antalya	79500	99375	119250	139125
tekirdag	40500	50625	60750	70875
giresun	45000	56250	67500	78750
mersin	100000	125000	150000	175000
kocaeli	62000	77500	93000	108500

table MCJ(i,t) t periyodunda i konumunda JCL birim üretim maliyeti

	1	2	3	4
kirklareli	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
sakarya	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
mugla	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
denizli	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
artvin	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
samsun	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
kayseri	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
bitlis	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
mus	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
siirt	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72

table MCB(b,t) t periyodunda b konumundaki biyorafineriden biyodizel birim üretim maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep	323.487	355.8357	391.4193	430.5612
ankara	323.487	355.8357	391.4193	430.5612
izmir	323.487	355.8357	391.4193	430.5612
kocaeli	323.487	355.8357	391.4193	430.5612
mersin	323.487	355.8357	391.4193	430.5612

table MCG(b,t) t periyodunda b konumundaki biyorafineriden birim gliserin üretim maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep	29.07	31.98	35.18	38.69
ankara	29.07	31.98	35.18	38.69
izmir	29.07	31.98	35.18	38.69
kocaeli	29.07	31.98	35.18	38.69
mersin	29.07	31.98	35.18	38.69

table MCO(c,t) t doneminde c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezinin birim yağ çıkarma maliyeti

	1	2	3	4
sakarya	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243
mugla	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243
samsun	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243
kayseri	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243
siirt	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243

table HCJ(c,t) t doneminde c konumundaki JCL toplama ve ön işleme merkezinin birim JCL stoğu tutma maliyeti

	1	2	3	4
sakarya	249600	274560	302016	332217.6
mugla	123500	135850	149435	164378.5
samsun	65000	71500	78650	86515
kayseri	200200	220220	242242	266466.2
siirt	102700	112970	124267	136693.7

table HCB(b,t) t doneminde b konumundaki biyorafinerinin birim biyodizel stoğu tutma maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep	496392.73	546032	600635.2	660698.72
ankara	496392.73	546032	600635.2	660698.72
izmir	496392.73	546032	600635.2	660698.72
kocaeli	496392.73	546032	600635.2	660698.72
mersin	496392.73	546032	600635.2	660698.72

table HCG(b,t) t doneminde b konumundaki biyorafinerinin birim gliserin stoğu tutma maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep	44634.76	49098.23	54008	59408.8
ankara	44634.76	49098.23	54008	59408.8
izmir	44634.76	49098.23	54008	59408.8
kocaeli	44634.76	49098.23	54008	59408.8
mersin	44634.76	49098.23	54008	59408.8

table HCS(d,t) t doneminde d konumundaki biyodizel dagitim merkezinin birim biyodizel stoğu tutma maliyeti

	1	2	3	4
kirikkale	88400	97240	106964	117660.4
izmir	195000	214500	235950	259545
antalya	206700	227370	250107	275117.7
tekirdag	105300	115830	127413	140154.3
giresun	117000	128700	141570	155657
mersin	260000	286000	314600	346060
kocaeli	161200	177320	195052	214557.2

table DCB(b,t,q) t periyodunda b konumundaki q teknoloji biyorafinerinin kurulumunun birim kapasite başına değişken maliyeti

	CPU1000	BDX1000
gaziantep.1	348750	67425
gaziantep.2	435937.5	84281.25
gaziantep.3	523125	101137.5
gaziantep.4	610312.5	117993.75
ankara.1	348750	67425
ankara.2	435937.5	84281.25
ankara.3	523125	101137.5
ankara.4	610312.5	117993.75
izmir.1	348750	67425
izmir.2	435937.5	84281.25
izmir.3	523125	101137.5
izmir.4	610312.5	117993.75
kocaeli.1	348750	67425
kocaeli.2	435937.5	84281.25
kocaeli.3	523125	101137.5
kocaeli.4	610312.5	117993.75
mersin.1	348750	67425
mersin.2	435937.5	84281.25
mersin.3	523125	101137.5

mersin.4

610312.5

117993.75

;

table WCT(i,c,t) t doneminde i tarlasındaki JCL tohumlarının c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezine tasınma maliyeti

	1	2	3	4
kirklareli.sakarya	150.78	158.319	166.217	174.474
kirklareli.mugla	325.92	342.216	359.288	377.136
kirklareli.samsun	397.32	417.186	437.99	459.756
kirklareli.kayseri	414.12	434.826	456.518	479.196
kirklareli.siirt	738.36	775.27	813.95	854.388
sakarya.sakarya	27	28.35	29.75	31.25
sakarya.mugla	267.12	280.476	294.468	309.096
sakarya.samsun	246.54	258.867	271.781	285.282
sakarya.kayseri	263.34	276.507	290.301	304.722
sakarya.siirt	587.58	616.959	647.73	679.91
mugla.sakarya	267.12	280.47	294.46	309.096
mugla.mugla	27	28.35	29.75	31.25
mugla.samsun	437.22	459.081	481.98	505.92
mugla.kayseri	358.26	376.17	394.93	414.55
mugla.siirt	657.3	690.16	724.595	760.59
denizli.sakarya	206.22	216.53	227.33	238.62
denizli.mugla	60.9	63.94	67.135	70.47
denizli.samsun	376.32	395.136	414.84	435.45
denizli.kayseri	297.36	312.22	327.8	344.088
denizli.siirt	616.14	646.94	679.22	712.96
artvin.sakarya	484.68	508.914	534.302	560.844
artvin.mugla	675.36	709.128	744.5	781.48
artvin.samsun	238.14	250.047	262.521	275.562
artvin.kayseri	357	374.85	393.55	413.1
artvin.siirt	276.78	290.619	305.117	320.27
samsun.sakarya	246.54	258.86	271.78	285.28
samsun.mugla	437.22	459.081	481.98	505.92
samsun.samsun	27	28.35	29.75	31.25
samsun.kayseri	190.26	199.773	209.73	220.15
samsun.siirt	421.26	442.32	464.38	487.45
kayseri.sakarya	263.34	276.50	290.3	304.722
kayseri.mugla	358.26	376.17	394.93	414.55
kayseri.samsun	190.26	199.77	209.73	220.15
kayseri.kayseri	27	28.35	29.75	31.25
kayseri.siirt	324.24	340.45	357.43	375.19
bitlis.sakarya	569.1	597.55	627.36	658.53
bitlis.mugla	667.38	700.749	735.707	772.25
bitlis.samsun	380.94	399.98	419.94	440.8
bitlis.kayseri	321.72	337.8	354.65	372.27
bitlis.siirt	40.74	42.77	44.911	47.14
mus.sakarya	534.24	560.95	588.93	618.19
mus.mugla	645.12	677.37	711.16	746.49
mus.samsun	346.08	363.38	381.51	400.46
mus.kayseri	286.86	301.20	316.22	331.93
mus.siirt	75.6	79.38	83.34	87.48
siirt.sakarya	587.58	616.95	647.73	679.91
siirt.mugla	657.3	690.16	724.59	760.59
siirt.samsun	421.26	442.32	464.38	487.45
siirt.kayseri	324.24	340.45	357.43	375.19
siirt.siirt	27	28.35	29.75	31.25

;

table FCT(c,b,t) t doneminde c konumundaki JCL yaginin b konumundaki biyorafineriye taşınması maliyeti

	1	2	3	4
sakarya.gaziantep	406.14	426.447	447.721	469.96
sakarya.ankara	128.1	134.5	141.21	148.23
sakarya.izmir	203.7	213.88	224.55	235.71
sakarya.kocaeli	15.54	16.317	17.13	17.98
sakarya.mersin	333.22	348.83	366.23	384.42
mugla.gaziantep	448.98	471.42	494.94	519.53
mugla.ankara	260.4	273.42	287.06	301.32
mugla.izmir	94.5	99.22	104.17	109.35
mugla.kocaeli	282.24	296.35	311.13	326.59
mugla.mersin	330.96	347.50	364.84	382.96
samsun.gaziantep	296.1	310.9	326.415	342.63
samsun.ankara	173.46	182.133	191.219	200.718
samsun.izmir	420	441	463	486
samsun.kocaeli	262.08	275.18	288.91	303.264
samsun.mersin	312.06	327.66	344	361.09
kayseri.gaziantep	142.8	149.94	157.42	165.24
kayseri.ankara	133.98	140.67	147.69	155.03
kayseri.izmir	356.16	373.96	392.62	412.12
kayseri.kocaeli	278.88	292.82	307.43	322.70
kayseri.mersin	136.5	143.32	150.47	157.95
siirt.gaziantep	208.32	218.73	229.64	241.05
siirt.ankara	458.22	481.131	505.133	530.22
siirt.izmir	674.94	708.68	744.041	781.002
siirt.kocaeli	603.12	633.27	664.86	697.89
siirt.mersin	326.34	342.65	359.75	377.62 ;

table BCT(b,d,t) t doneminde b konumundaki biyorafineriden d konumundaki biyodizel dağıtım merkezine birim biyodizel tasınma maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep.kirikkale	246.96	259.308	272.24	285.76
gaziantep.izmir	466.62	489.95	514.39	539.94
gaziantep.antalya	318.36	334.27	350.95	368.38
gaziantep.tekirdag	523.74	549.92	577.36	606.04
gaziantep.giresun	295.68	310.46	325.95	342.144
gaziantep.mersin	118.02	123.921	130.103	136.56
gaziantep.kocaeli	421.68	442.76	464.85	487.84
ankara.kirikkale	31.5	33.075	34.725	36.45
ankara.izmir	243.18	255.33	268.077	281.39
ankara.antalya	228.48	239.90	251.87	264.38
ankara.tekirdag	245.7	257.98	270.85	284.31
ankara.giresun	255.36	268.12	281.50	295.488
ankara.mersin	202.44	212.56	223.16	234.25
ankara.kocaeli	143.64	150.82	158.346	166.212
izmir.kirikkale	278.04	291.94	306.506	321.73
izmir.izmir	27	28.35	29.75	31.25
izmir.antalya	186.48	195.804	205.572	215.78
izmir.tekirdag	213.46	224.02	235.20	246.88
izmir.giresun	501.9	526.99	553.28	580.77
izmir.mersin	374.64	393.37	412.99	433.51
izmir.kocaeli	190.26	199.77	209.739	220.158
kocaeli.kirikkale	176.4	185.22	194.46	204.12
kocaeli.izmir	190.26	199.77	209.739	220.158
kocaeli.antalya	254.94	267.68	281.04	295.002
kocaeli.tekirdag	102.06	107.163	112.509	118.098
kocaeli.giresun	343.98	361.17	379.19	398.034

kocaeli.mersin	347.76	365.14	383.36	402.40
kocaeli.kocaeli	27	28.35	29.75	31.25
mersin.kirikkale	195.72	205.506	215.75	226.47
mersin.izmir	374.64	393.37	412.99	433.51
mersin.antalya	200.34	210.357	220.851	231.82
mersin.tekirdag	449.82	472.31	495.87	520.506
mersin.giresun	331.8	348.39	365.77	383.94
mersin.mersin	27	28.35	29.75	31.25
mersin.kocaeli	347.76	365.14	383.36	402.40

table GCT(b,g,t) t doneminde b konumundaki biyorafineriden g konumundaki gliserin musterisine gliserin tasima maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep.gliserin1	442.68	464.814	488.002	512.244
gaziantep.gliserin2	453.18	475.839	499.577	524.394
ankara.gliserin1	164.64	172.872	181.496	190.512
ankara.gliserin2	175.14	183.897	193.071	202.662
izmir.gliserin1	211.26	221.823	232.889	244.458
izmir.gliserin2	221.76	232.848	244.464	256.608
kocaeli.gliserin1	27	28.35	29.75	31.25
kocaeli.gliserin2	40.5	42.525	44.625	46.875
mersin.gliserin1	368.76	387.198	406.514	426.708
mersin.gliserin2	379.26	398.223	418.089	438.858

scalars

alfa JCL tohumlarının yaga donusum faktoru /0.35/
beta JCL yaginin biyodizele donusum faktoru /0.83/

;

binary variables

tea(i) jcl yetistirme merkezi acma karari
teb(c) toplama ve on isleme merkezi acma karari
tex(b,q) q teknoloji b biyorafinerisinin acma karari
tey(d) dagitim merkezi acma karari

;

variables

z maliyet amac;

positive variables

HJ(c,t) t periyodunda i konumundaki toplama ve on isleme merkezinin JCL stogu duzeyi
HB(b,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknoloji biyorafinerinin biyodizel stok duzeyi
HG(b,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknoloji biyorafinerinin gliserin stok duzeyi
HS(d,t) t periyodunda k konumundaki biyodizel dagitim merkezinin biyodizel stogu duzeyi
MJ(i,t) t periyodunda f konumundaki JCL tarlasinda uretilebilen JCL miktari
MB(b,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknolojisiyle uretilebilen biyodizel miktari
MG(b,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknolojisiyle uretilebilen gliserin miktari
MO(c,t) t periyodunda i konumundaki toplama ve on isleme merkezinde uretilebilen JCL yagi miktari
WT(i,c,t) t periyodunda f konumundan i konumundaki toplama ve on isleme merkezine tasinan JCL tohumu miktari

$QT(c,b,t,q)$ t periyodunda i konumundaki toplama ve on isleme merkezinden j konumundaki r teknolojik biyorafineriye tasinan JCL yagi miktarı
 $BT(b,d,t,q)$ t periyodunda j konumundaki r teknolojik biyorafineriden k konumundaki dagitim merkezine tasinan biyodizel miktarı
 $GT(b,g,t,q)$ t periyodunda j konumundaki r teknolojik biyorafineriden k konumundaki dagitim merkezine tasinan gliserin miktarı
 $TAJ(i)$ f konumundaki JCL ekili alan miktarı hektar cinsinden
 $TBJ(c,t)$ t periyodunda i konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezinin gerekli kapasitesi
 $CMB(b,t,q)$ t periyodunda j konumundaki r teknolojik biyorafinerinin gerekli kaapsitesi
 $CAS(d,t)$ t periyodunda k konumundaki biyodizel dagitim merkezinin gerekli kapasitesi
 $CSN(g,t)$ t periyodunda g konumundaki gliserin musteri merkezinin gerekli kapasitesi
 $CEC(c,t)$ kapasite genisletme i
 $CEB(b,t,q)$ kapasite genisletme j
 $CES(d,t)$ kapasite genisletme k
 $CESN(g,t)$ t periyodunda g konumundaki gliserin musteri merkezinin kapasite genisletme miktarı
 $HSN(g,t)$ t periyodunda g konumundaki gliserin musteri merkezinin gliserin stok düzeyi
;

Equations

obj. amac fonksiyonu

$k1(d,t)$
 $k2(g,t)$
 $k3(i,t)$
 $k4(i,t)$
 $k5(c,t)$
 $k6(b,q,t)$
 $k7(b,q,t)$
 $k8(c,t)$
 $k9(b,q,t)$
 $k10(b,q,t)$
 $k11(d,t)$
 $k12(g,t)$
 $k13(i)$
 $k14(i)$
 $k15(c,t)$
 $k16(c,t)$
 $k17(c,t)$
 $k18(b,t,q)$
 $k19(b,q,t)$
 $k20(b,q,t)$
 $k21(b)$
 $k22(d,t)$
 $k23(d,t)$
 $k24(d,t)$
 $k25(g,t)$
 $k26(g,t)$
 $k27(g,t)$
 $k28(c,t)$
 $k29(b,t,q)$
 $k30(d,t)$
 $k31(c,t)$
 $k32(b,t,q)$
 $k33(d,t)$
 $k34(g,t)$

;

obj.. $z = \sum(i, SCJ(i) * tea(i)) + \sum(c, SCC(c) * teb(c))$
 $+ \sum((b,q), SCB(b,q) * tex(b,q)) + \sum(d, SCS(d) * tey(d))$
 $+ \sum(i, DCJ(i) * TAJ(i)) + \sum((c,t), DCC(c,t) * TBJ(c,t))$


```

+sum((b,t,q),DCB(b,t,q)*CMB(b,t,q))+sum((d,t),DCS(d,t)*CAS(d,t))
+sum((i,t),MCJ(i,t)*MJ(i,t))+sum((c,t),MCO(c,t)*MO(c,t))
+sum((b,t,q),MCB(b,t)*MB(b,t,q))+sum((b,t,q),MCG(b,t)*MG(b,t,q))
+sum((c,t),HCJ(c,t)*HJ(c,t))+sum((b,t,q),HCB(b,t)*HB(b,t,q))
+sum((b,t,q),HCG(b,t)*HG(b,t,q))+sum((d,t),HCS(d,t)*HS(d,t))
+sum((i,c,t),WCT(i,c,t)*WT(i,c,t))+sum((c,b,t,q),FCT(c,b,t)*QT(c,b,t,q))
+sum((b,q,d,t),BCT(b,d,t)*BT(b,d,t,q))
+sum((b,q,g,t),GCT(b,g,t)*GT(b,g,t,q));

```

```

k1(d,t).. sum((b,q),BT(b,d,t,q))=e=TAL(d,t);
k2(g,t).. sum((b,q),GT(b,g,t,q))=e=TG(g,t);
k3(i,t).. sum(c,WT(i,c,t))=e=MJ(i,t);

```

```

k4(i,t).. MJ(i,t)=l=lamda(i,t)*TAJ(i);
k5(c,t).. MO(c,t)=e=alfa*sum(i,WT(i,c,t));
k6(b,q,t).. MB(b,t,q)=e=beta*sum(c,QT(c,b,t,q));
k7(b,q,t).. MG(b,t,q)=e=(1-beta)*sum(c,QT(c,b,t,q));

```

```

k8(c,t).. HJ(c,t)=e=HJ(c,t-1)+sum(i,WT(i,c,t))-((1/alfa)*sum((b,q),QT(c,b,t,q)));
k9(b,q,t).. HB(b,t,q)=e=HB(b,t-1,q)+MB(b,t,q)-sum(d,BT(b,d,t,q));
k10(b,q,t).. HG(b,t,q)=e=HG(b,t-1,q)+MG(b,t,q)-sum(g,GT(b,g,t,q));
k11(d,t).. HS(d,t)=e=HS(d,t-1)+ sum((b,q),BT(b,d,t,q))-TAL(d,t);
k12(g,t).. HSN(g,t)=e=HSN(g,t-1)+sum((b,q),GT(b,g,t,q))-TG(g,t);

```

```

k13(i).. TAJ(i)=g=tea(i)*KA(i);
k14(i).. TAJ(i)=l=tea(i)*BA(i);
k15(c,t)$ (ord(t) ge 1).. TBJ(c,t)=e=TBJ(c,t-1)+CEC(c,t);
k16(c,t).. teb(c)*KC(c)=l=TBJ(c,t);
k17(c,t).. TBJ(c,t)=l=teb(c)*BC(c);
k18(b,t,q)$ (ord(t) ge 1).. CMB(b,t,q)=e=CMB(b,t-1,q)+CEB(b,t,q);
k19(b,q,t).. tex(b,q)*KB(b)=l=CMB(b,t,q);
k20(b,q,t).. CMB(b,t,q)=l=tex(b,q)*BB(b);
k21(b).. sum(q,tex(b,q))=l=1;
k22(d,t)$ (ord(t) ge 1).. CAS(d,t)=e=CAS(d,t-1)+CES(d,t);
k23(d,t).. tey(d)*KS(d)=l=CAS(d,t);
k24(d,t).. CAS(d,t)=l=tey(d)*BS(d);
k25(g,t)$ (ord(t) ge 1).. CSN(g,t)=e=CSN(g,t-1)+CESN(g,t);
k26(g,t).. KSN(g)=l=CSN(g,t);
k27(g,t).. CSN(g,t)=l=BSN(g);

```

```

k28(c,t).. sum(i,WT(i,c,t))=l=TBJ(c,t);
k29(b,t,q).. sum(c,QT(c,b,t,q))=l=CMB(b,t,q);
k30(d,t).. sum((b,q),BT(b,d,t,q))=l=CAS(d,t);
k31(c,t).. HJ(c,t)=l=TBJ(c,t);
k32(b,t,q).. HB(b,t,q)=l=CMB(b,t,q);
k33(d,t).. HS(d,t)=l=CAS(d,t);
k34(g,t).. HSN(g,t)=l=CSN(g,t)

```

```

model biyodizel /all/;
solve biyodizel using mip minimizing z;

```

```

display z.l, tea.l, teb.l, tex.l, tey.l, HJ.l, HB.l, HG.l, HS.l, MJ.l,
MB.l, MG.l, MO.l, WT.l, QT.l, BT.l, GT.l, TAJ.l, TBJ.l, CMB.l, CAS.l,
CSN.l, CEC.l, CEB.l, CES.l, CESN.l, HSN.l;

```

EK B. Çevresel Etki Amaç Fonksiyonuna Ait Karma Tamsayı Doğrusal

Programlama GAMS Kodları

sets

i JCL Yetistirme Merkezleri Icin Aday Yerleri /kirkclareli, sakarya, mugla, denizli, artvin, samsun, kayseri, bitlis, mus, siirt/
c JCL Tohumu Toplama ve On Isleme Aday Merkezleri /sakarya, mugla, samsun, kayseri, siirt/
b Biyorafineri Aday Merkezleri /gaziantep, ankara, izmir, kocaeli, mersin/
d Biyodizel Dagitim Aday Merkezleri /kirikkale, izmir, antalya, tekirdag, giresun, mersin, kocaeli/
g Gliserin Tuketici Aday Merkezleri /gliserin1, gliserin2/
q Biyodizel Uretimi Icin Biyorafineride Kullanilacak Teknoloji Turu /CPU1000, BDX1000/
t zaman periyodu /1, 2, 3, 4/;

parameters

KA(i) i konumundaki JCL hammadde merkezi icin min arazi alani /
kirkclareli 1227.3
sakarya 107.2
mugla 15333.4
denizli 19004.4
artvin 4000
samsun 20572
kayseri 184275.1
bitlis 11400
mus 25615
siirt 5733.4 /

BA(i) i konumundaki JCL hammadde merkezi icin max arazi alani /
kirkclareli 235446.6
sakarya 169553.68
mugla 230331.76
denizli 352606.39
artvin 29692.1
samsun 375920.8
kayseri 578886.5
bitlis 123074
mus 247465.6
siirt 83530 /

KC(c) c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezi kapasite alt siniri /
sakarya 236204.3
mugla 224732.1
samsun 316250.4
kayseri 330984.3
siirt 78822.15 /

BC(c) c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezi kapasite ust siniri /
sakarya 286204.3
mugla 274732.1
samsun 366250.4
kayseri 380984.3
siirt 128822.1 /

KB(b) b konumundaki biyorafinerinin kapasite alt siniri /
gaziantep 53965.98
ankara 146741.106
izmir 116112.8

kocaeli 49924.83
mersin 48702.98 /

BB(b) b konumundaki biyorafinerinin kapasite ust siniri /
gaziantep 83965.98
ankara 176741.1
izmir 146112.8
kocaeli 79924.83
mersin 78702.92 /

KS(d) d konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite alt siniri /
kirikkale 7707.92
izmir 117817.8
antalya 64605.88
tekirdag 26834.84
giresun 12203.35
mersin 49418.04
kocaeli 50657.89 /

BS(d) d konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite ust siniri /
kirikkale 37707.92
izmir 147817.8
antalya 94605.88
tekirdag 56834.84
giresun 42203.35
mersin 79418.04
kocaeli 80657.89 /

KSN(g) g konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite alt siniri /
gliserin1 7707.92
gliserin2 117817.8
/

BSN(g) g konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite ust siniri /
gliserin1 37707.92
gliserin2 147817.8
/

SCJ(i) i konumunda JCL yetistirme merkezi(tarla) acmanin sabit maliyeti /
kirklareli 9000000
sakarya 3900000
muğla 5700000
denizli 3900000
artvin 9000000
samsun 6300000
kayseri 6300000
bitlis 6600000
mus 8700000
siirt 5100000 /

SCC(c) c konumunda JCL toplama ve on isleme merkezi acmanin sabit maliyeti /
sakarya 960000
muğla 475000
samsun 250000
kayseri 770000
siirt 395000 /

SCS(d) d konumunda biyodizel dagitim merkezi acmanin sabit maliyeti /
kirikkale 340000

izmir 750000
antalya 795000
tekirdag 405000
giresun 450000
mersin 1000000
kocaeli 620000 /

DCJ(i) i konumunda hektar basina JCL ekmenin degisken maliyeti /
kirklareli 90000
sakarya 39000
mugla 57000
denizli 39000
artvin 90000
samsun 63000
kayseri 63000
bitlis 66000
mus 87000
siirt 51000 /

cva(i) i konumundaki JCL tarlalarina 1 ton tohum ekmenin cevreye saldigı CO2nin zararlı etkisi /
kirklareli 1554
sakarya 1554
mugla 1554
denizli 1554
artvin 1554
samsun 1554
kayseri 1554
bitlis 1554
mus 1554
siirt 1554
/

cvb(c) c konumunda 1 ton kapasiteli toplama ve on işleme merkezi kurulumuyla cevreye salınan CO2nin etkisi /

sakarya 2759.99
mugla 2759.99
samsun 2759.99
kayseri 2759.99
siirt 2759.99
/

cvc(b) b konumunda 1 ton kapasiteli biyorafineri kurulumuyla acığa çıkan CO2nin zararlı etkisi /

gaziantep 1853.33
ankara 1853.33
izmir 1853.33
kocaeli 1853.33
mersin 1853.33
/

cvd(d) d konumundaki 1 ton kapasiteli biyodizel dağıtım merkezinin kurulumuyla acığa çıkan CO2nin etkisi /

kirikkale 20.49
izmir 20.49

antalya 20.49
tekirdag 20.49
giresun 20.49
mersin 20.49
kocaeli 20.49

/

CEI(c) c konumundaki toplama ve on isleme merkezinin 1 ton yag uretmesiyle aciga cikan CO2nin etkisi /

sakarya 1940
mugla 1940
samsun 1940
kayseri 1940
siirt 1940

/

CEH(c) c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezinin JCL stogu tutmasiyla aciga cikan CO2 etkisi /

sakarya 4.44
mugla 4.44
samsun 4.44
kayseri 4.44
siirt 4.44

/

CFH(d) d dagitim merkezinde biyodizel stogu tutmanin aciga cikardigi CO2 etkisi /

kirikkale 32.9
izmir 32.9
antalya 32.9
tekirdag 32.9
giresun 32.9
mersin 32.9
kocaeli 32.9

/

CZH(b) b konumundaki biyorafineride biyodizel stogu tutulmasiyla aciga cikan CO2 etkisi /

gaziantep 32.9
ankara 32.9
izmir 32.9
kocaeli 32.9
mersin 32.9

/

CEG(b) b konumundaki biyorafineride gliserin stogu tutulmasiyla aciga cikan CO2 etkisi /

gaziantep 22
ankara 22
izmir 22
kocaeli 22
mersin 22

/;

table lamda(i,t) t periyodunda i bolgesindeki JCL tarlalarinin hektar basina uretim miktarı

	1	2	3	4
kirklareli	0.441	2.205	8.821	17.642
sakarya	1.215	6.076	24.304	48.609
mugla	1.156	5.781	23.124	46.248
denizli	1.260	6.302	25.209	50.41
artvin	0.212	1.060	4.24	8.481
samsun	1.627	8.135	32.54	65.08
kayseri	1.702	8.514	34.05	68.11
bitlis	0.429	2.146	8.586	17.17
mus	0.514	2.572	10.288	20.57
siirt	0.405	2.027	8.11	16.221;

table TAL(d,t) t periyodunda d dagitim merkezi icin biyodizel talebi

	1	2	3	4
kirikkale	616.385	1424.463	2319.323	3347.75
izmir	9421.63	21773.32	35451.5	51171.31
antalya	5166.39	11939.5	19439.99	28060.01
tekirdag	2145.92	4959.21	8074.63	11655.07
giresun	975.87	2255.24	3672.003	5300.23
mersin	3951.85	9132.707	14869.95	21463.54
kocaeli	4051	9361.83	15243.02	22002.04;

table TG(g,t) t periyodunda g gliserin musteri merkezi icin gliserin talebi

	1	2	3	4
gliserin1	10.000	10500	11025	11576
gliserin2	10.000	10500	11025	11576;

table SCB(b,q) b konumunda q teknoloji biyorafineri acmanin sabit maliyeti

	CPU1000	BDX1000	
gaziantep	3487500	674250	
ankara	3487500	674250	
izmir	3487500	674250	
kocaeli	3487500	674250	
mersin	3487500	674250	;

table DCC(c,t) t periyodunda c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezinin kurulumunun birim kapasite basina degisken maliyeti

	1	2	3	4
sakarya	96000	120000	144000	168000
mugla	47500	59375	71250	83125
samsun	25000	31250	37500	43750
kayseri	77000	96250	115500	134750
siirt	39500	49375	59250	69125 ;

table DCS(d,t) t periyodunda d konumundaki biyodizel dagitim merkezi kurulumunun birim kapasite basina degisken maliyeti

	1	2	3	4
kirikkale	34000	42500	51000	59500
izmir	75000	93750	112500	131250
antalya	79500	99375	119250	139125
tekirdag	40500	50625	60750	70875
giresun	45000	56250	67500	78750
mersin	100000	125000	150000	175000
kocaeli	62000	77500	93000	108500 ;

table MCJ(i,t) t periyodunda i konumunda JCL birim üretim maliyeti

	1	2	3	4
kirklareli	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
sakarya	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
mugla	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
denizli	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
artvin	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
samsun	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
kayseri	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
bitlis	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
mus	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
siirt	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72

table MCB(b,t) t periyodunda b konumundaki biyorafineriden biyodizel birim üretim maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep	323.487	355.8357	391.4193	430.5612
ankara	323.487	355.8357	391.4193	430.5612
izmir	323.487	355.8357	391.4193	430.5612
kocaeli	323.487	355.8357	391.4193	430.5612
mersin	323.487	355.8357	391.4193	430.5612

table MCG(b,t) t periyodunda b konumundaki biyorafineriden birim gliserin üretim maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep	29.07	31.98	35.18	38.69
ankara	29.07	31.98	35.18	38.69
izmir	29.07	31.98	35.18	38.69
kocaeli	29.07	31.98	35.18	38.69
mersin	29.07	31.98	35.18	38.69

table MCO(c,t) t döneminde c konumundaki JCL toplama ve on işleme merkezinin birim yağ çıkarma maliyeti

	1	2	3	4
sakarya	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243
mugla	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243
samsun	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243
kayseri	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243
siirt	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243

table HCJ(c,t) t döneminde c konumundaki JCL toplama ve on işleme merkezinin birim JCL stogu tutma maliyeti

	1	2	3	4
sakarya	249600	274560	302016	332217.6
mugla	123500	135850	149435	164378.5
samsun	65000	71500	78650	86515
kayseri	200200	220220	242242	266466.2
siirt	102700	112970	124267	136693.7

table HCB(b,t) t döneminde b konumundaki biyorafinerinin birim biyodizel stogu tutma maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep	496392.73	546032	600635.2	660698.72
ankara	496392.73	546032	600635.2	660698.72
izmir	496392.73	546032	600635.2	660698.72
kocaeli	496392.73	546032	600635.2	660698.72
mersin	496392.73	546032	600635.2	660698.72

table HCG(b,t) t doneminde b konumundaki biyorafinerinin birim gliserin stogu tutma maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep	44634.76	49098.23	54008	59408.8
ankara	44634.76	49098.23	54008	59408.8
izmir	44634.76	49098.23	54008	59408.8
kocaeli	44634.76	49098.23	54008	59408.8
mersin	44634.76	49098.23	54008	59408.8

table HCS(d,t) t doneminde d konumundaki biyodizel dagitim merkezinin birim biyodizel stogu tutma maliyeti

	1	2	3	4
kirikkale	88400	97240	106964	117660.4
izmir	195000	214500	235950	259545
antalya	206700	227370	250107	275117.7
tekirdag	105300	115830	127413	140154.3
giresun	117000	128700	141570	155657
mersin	260000	286000	314600	346060
kocaeli	161200	177320	195052	214557.2

table DCB(b,t,q) t periyodunda b konumundaki q teknoloji biyorafinerinin kurulumunun birim kapasite basina degisken maliyeti

	CPU1000	BDX1000
gaziantep.1	348750	67425
gaziantep.2	435937.5	84281.25
gaziantep.3	523125	101137.5
gaziantep.4	610312.5	117993.75
ankara.1	348750	67425
ankara.2	435937.5	84281.25
ankara.3	523125	101137.5
ankara.4	610312.5	117993.75
izmir.1	348750	67425
izmir.2	435937.5	84281.25
izmir.3	523125	101137.5
izmir.4	610312.5	117993.75
kocaeli.1	348750	67425
kocaeli.2	435937.5	84281.25
kocaeli.3	523125	101137.5
kocaeli.4	610312.5	117993.75
mersin.1	348750	67425
mersin.2	435937.5	84281.25
mersin.3	523125	101137.5
mersin.4	610312.5	117993.75

table WCT(i,c,t) t doneminde i tarlasındaki JCL tohumlarının c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezine tasinma maliyeti

	1	2	3	4
kirklareli.sakarya	150.78	158.319	166.217	174.474
kirklareli.mugla	325.92	342.216	359.288	377.136
kirklareli.samsun	397.32	417.186	437.99	459.756
kirklareli.kayseri	414.12	434.826	456.518	479.196
kirklareli.siirt	738.36	775.27	813.95	854.388
sakarya.sakarya	27	28.35	29.75	31.25
sakarya.mugla	267.12	280.476	294.468	309.096
sakarya.samsun	246.54	258.867	271.781	285.282
sakarya.kayseri	263.34	276.507	290.301	304.722
sakarya.siirt	587.58	616.959	647.73	679.91
mugla.sakarya	267.12	280.47	294.46	309.096
mugla.mugla	27	28.35	29.75	31.25

mugla.samsun	437.22	459.081	481.98	505.92
mugla.kayseri	358.26	376.17	394.93	414.55
mugla.siirt	657.3	690.16	724.595	760.59
denizli.sakarya	206.22	216.53	227.33	238.62
denizli.mugla	60.9	63.94	67.135	70.47
denizli.samsun	376.32	395.136	414.84	435.45
denizli.kayseri	297.36	312.22	327.8	344.088
denizli.siirt	616.14	646.94	679.22	712.96
artvin.sakarya	484.68	508.914	534.302	560.844
artvin.mugla	675.36	709.128	744.5	781.48
artvin.samsun	238.14	250.047	262.521	275.562
artvin.kayseri	357	374.85	393.55	413.1
artvin.siirt	276.78	290.619	305.117	320.27
samsun.sakarya	246.54	258.86	271.78	285.28
samsun.mugla	437.22	459.081	481.98	505.92
samsun.samsun	27	28.35	29.75	31.25
samsun.kayseri	190.26	199.773	209.73	220.15
samsun.siirt	421.26	442.32	464.38	487.45
kayseri.sakarya	263.34	276.50	290.3	304.722
kayseri.mugla	358.26	376.17	394.93	414.55
kayseri.samsun	190.26	199.77	209.73	220.15
kayseri.kayseri	27	28.35	29.75	31.25
kayseri.siirt	324.24	340.45	357.43	375.19
bitlis.sakarya	569.1	597.55	627.36	658.53
bitlis.mugla	667.38	700.749	735.707	772.25
bitlis.samsun	380.94	399.98	419.94	440.8
bitlis.kayseri	321.72	337.8	354.65	372.27
bitlis.siirt	40.74	42.77	44.911	47.14
mus.sakarya	534.24	560.95	588.93	618.19
mus.mugla	645.12	677.37	711.16	746.49
mus.samsun	346.08	363.38	381.51	400.46
mus.kayseri	286.86	301.20	316.22	331.93
mus.siirt	75.6	79.38	83.34	87.48
siirt.sakarya	587.58	616.95	647.73	679.91
siirt.mugla	657.3	690.16	724.59	760.59
siirt.samsun	421.26	442.32	464.38	487.45
siirt.kayseri	324.24	340.45	357.43	375.19
siirt.siirt	27	28.35	29.75	31.25

table FCT(c,b,t) t doneminde c konumundaki JCL yaginin b konumundaki biyorafineriye tasnmasi maliyeti

	1	2	3	4
sakarya.gaziantep	406.14	426.447	447.721	469.96
sakarya.ankara	128.1	134.5	141.21	148.23
sakarya.izmir	203.7	213.88	224.55	235.71
sakarya.kocaeli	15.54	16.317	17.13	17.98
sakarya.mersin	333.22	348.83	366.23	384.42
mugla.gaziantep	448.98	471.42	494.94	519.53
mugla.ankara	260.4	273.42	287.06	301.32
mugla.izmir	94.5	99.22	104.17	109.35
mugla.kocaeli	282.24	296.35	311.13	326.59
mugla.mersin	330.96	347.50	364.84	382.96
samsun.gaziantep	296.1	310.9	326.415	342.63
samsun.ankara	173.46	182.133	191.219	200.718
samsun.izmir	420	441	463	486
samsun.kocaeli	262.08	275.18	288.91	303.264
samsun.mersin	312.06	327.66	344	361.09
kayseri.gaziantep	142.8	149.94	157.42	165.24
kayseri.ankara	133.98	140.67	147.69	155.03

kayseri.izmir	356.16	373.96	392.62	412.12
kayseri.kocaeli	278.88	292.82	307.43	322.70
kayseri.mersin	136.5	143.32	150.47	157.95
siirt.gaziantep	208.32	218.73	229.64	241.05
siirt.ankara	458.22	481.131	505.133	530.22
siirt.izmir	674.94	708.68	744.041	781.002
siirt.kocaeli	603.12	633.27	664.86	697.89
siirt.mersin	326.34	342.65	359.75	377.62 ;

table BCT(b,d,t) t doneminde b konumundaki biyorafineriden d konumundaki biyodizel dagitim merkezine birim biyodizel tasinma maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep.kirikkale	246.96	259.308	272.24	285.76
gaziantep.izmir	466.62	489.95	514.39	539.94
gaziantep.antalya	318.36	334.27	350.95	368.38
gaziantep.tekirdag	523.74	549.92	577.36	606.04
gaziantep.giresun	295.68	310.46	325.95	342.144
gaziantep.mersin	118.02	123.921	130.103	136.56
gaziantep.kocaeli	421.68	442.76	464.85	487.84
ankara.kirikkale	31.5	33.075	34.725	36.45
ankara.izmir	243.18	255.33	268.077	281.39
ankara.antalya	228.48	239.90	251.87	264.38
ankara.tekirdag	245.7	257.98	270.85	284.31
ankara.giresun	255.36	268.12	281.50	295.488
ankara.mersin	202.44	212.56	223.16	234.25
ankara.kocaeli	143.64	150.82	158.346	166.212
izmir.kirikkale	278.04	291.94	306.506	321.73
izmir.izmir	27	28.35	29.75	31.25
izmir.antalya	186.48	195.804	205.572	215.78
izmir.tekirdag	213.46	224.02	235.20	246.88
izmir.giresun	501.9	526.99	553.28	580.77
izmir.mersin	374.64	393.37	412.99	433.51
izmir.kocaeli	190.26	199.77	209.739	220.158
kocaeli.kirikkale	176.4	185.22	194.46	204.12
kocaeli.izmir	190.26	199.77	209.739	220.158
kocaeli.antalya	254.94	267.68	281.04	295.002
kocaeli.tekirdag	102.06	107.163	112.509	118.098
kocaeli.giresun	343.98	361.17	379.19	398.034
kocaeli.mersin	347.76	365.14	383.36	402.40
kocaeli.kocaeli	27	28.35	29.75	31.25
mersin.kirikkale	195.72	205.506	215.75	226.47
mersin.izmir	374.64	393.37	412.99	433.51
mersin.antalya	200.34	210.357	220.851	231.82
mersin.tekirdag	449.82	472.31	495.87	520.506
mersin.giresun	331.8	348.39	365.77	383.94
mersin.mersin	27	28.35	29.75	31.25
mersin.kocaeli	347.76	365.14	383.36	402.40

table GCT(b,g,t) t doneminde b konumundaki biyorafineriden g konumundaki gliserin musterisine gliserin tasima maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep.gliserin1	442.68	464.814	488.002	512.244
gaziantep.gliserin2	453.18	475.839	499.577	524.394
ankara.gliserin1	164.64	172.872	181.496	190.512
ankara.gliserin2	175.14	183.897	193.071	202.662

izmir.gliserin1	211.26	221.823	232.889	244.458
izmir.gliserin2	221.76	232.848	244.464	256.608
kocaeli.gliserin1	27	28.35	29.75	31.25
kocaeli.gliserin2	40.5	42.525	44.625	46.875
mersin.gliserin1	368.76	387.198	406.514	426.708
mersin.gliserin2	379.26	398.223	418.089	438.858

table CB(b,q) b konumundaki q teknolojili biyorafinerinin 1 ton biyodizel uretmesiyle aciga cikan CO2nin etkisi

	CPU1000	BDX1000
gaziantep	630	325
ankara	630	325
izmir	630	325
kocaeli	630	325
mersin	630	325

;

table CG(b,q) b konumundaki q teknolojili biyorafinerinin 1 ton gliserin uretmesiyle aciga cikan CO2nin zararli etkisi

	CPU1000	BDX1000
gaziantep	631	320
ankara	631	320
izmir	631	320
kocaeli	631	320
mersin	631	320

;

table CJT(i,c) i tarlasindan c toplama ve on isleme merkezine 1 ton JCL tasimanin km basina aciga cikardigi CO2 etkisi

	sakarya	mugla	samsun	kayseri	siirt
kirklareli	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
sakarya	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
mugla	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
denizli	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
artvin	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
samsun	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
kayseri	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
bitlis	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
mus	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
siirt	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469

table COT(c,b) c toplama ve on isleme merkezinden b biyorafineriye 1 ton JCL yagi tasimanin km basina aciga cikardigi CO2 etkisi

	gaziantep	ankara	izmir	kocaeli	mersin
sakarya	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
mugla	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
samsun	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
kayseri	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
siirt	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469

;

table CBT(b,d) b biyorafineriden d dagitim merkezine 1 ton biyodizel tasimanin km basina acigaa cikardigi CO2 etkisi

	kirikkale	izmir	antalya	tekirdag	giresun	mersin	kocaeli
gaziantep	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
ankara	0.00469	0.0046	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
izmir	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
kocaeli	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
mersin	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469

;

table CGT(b,g) b biyorafineriden g gliserin musterisine 1 ton gliserin tasimanin km basina acigaa cikardigi CO2 etkisi

	gliserin1	gliserin2
gaziantep	0.00469	0.00469
ankara	0.00469	0.00469
izmir	0.00469	0.00469
kocaeli	0.00469	0.00469
mersin	0.00469	0.00469

;

table MESIC(i,c) i ile c konumu arasi mesafe

	sakarya	mugla	samsun	kayseri	siirt
kirklareli	359	776	946	986	1758
sakarya	50	636	587	627	1399
mugla	636	50	1041	853	1565
denizli	491	145	896	708	1467
artvin	1154	1608	567	850	659
samsun	587	1041	50	453	1003
kayseri	627	853	453	50	772
bitlis	1355	1589	907	766	97
mus	1272	1536	824	683	180
siirt	1399	1565	1003	772	50

;

table MESCB(c,b) c ile b arasi mesafe

	gaziantep	ankara	izmir	kocaeli	mersin
sakarya	967	305	485	37	791
mugla	1069	620	225	672	788
samsun	705	413	1000	624	743
kayseri	340	319	848	664	325
siirt	496	1091	1607	1436	777

;

table MESBD(b,d) b ile d arasi mesafe

	kirikkale	izmir	antalya	tekirdag	giresun	mersin	kocaeli
Gaziantep	588	1111	758	1247	704	281	1004
ankara	75	579	544	585	608	482	342
izmir	662	50	444	508	1195	892	453
kocaeli	420	453	607	243	819	828	50
mersin	466	892	477	1071	790	50	828

;

table MESBG(b,g) b ile g arasi mesafe

	gliserin1	gliserin2
gaziantep	1054	1079
ankara	392	417
izmir	503	528
kocaeli	50	75
mersin	878	903

;

scalars

alfa JCL tohumlarının yaga donusum faktoru /0.35/

beta JCL yagının biyodizele donusum faktoru /0.83/

;

binary variables

tea(i) jcl yetistirme merkezi acma karari

teb(c) toplama ve on isleme merkezi acma karari

tex(b,q) q teknoloji b biyorafinerisinin acma karari

tey(d) dagitim merkezi acma karari

;

variables

z hedef;

positive variables

HJ(c,t) t periyodunda i konumundaki toplama ve on isleme merkezinin JCL stogu duzeyi

HB(b,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknoloji biyorafinerinin biyodizel stok duzeyi

HG(b,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknoloji biyorafinerinin gliserin stok duzeyi

HS(d,t) t periyodunda k konumundaki biyodizel dagitim merkezinin biyodizel stogu duzeyi

MJ(i,t) t periyodunda f konumundaki JCL tarlasinda uretilebilen JCL miktarı

MB(b,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknolojiyle uretilebilen biyodizel miktarı

MG(b,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknolojiyle uretilebilen gliserin miktarı

MO(c,t) t periyodunda i konumundaki toplama ve on isleme merkezinde uretilebilen JCL yagi miktarı

WT(i,c,t) t periyodunda f konumundan i konumundaki toplama ve on isleme merkezine tasinan JCL tohumu miktarı

QT(c,b,t,q) t periyodunda i konumundaki toplama ve on isleme merkezinden j konumundaki r teknoloji biyorafineriye tasinan JCL yagi miktarı

BT(b,d,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknoloji biyorafineriden k konumundaki dagitim merkezine tasinan biyodizel miktarı

GT(b,g,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknoloji biyorafineriden k konumundaki dagitim merkezine tasinan gliserin miktarı

TAJ(i) f konumundaki JCL ekili alan miktarı hektar cinsinden

TBJ(c,t) t periyodunda i konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezinin gerekli kapasitesi

CMB(b,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknoloji biyorafinerinin gerekli kapasitesi

CAS(d,t) t periyodunda k konumundaki biyodizel dagitim merkezinin gerekli kapasitesi

CSN(g,t) t periyodunda g konumundaki gliserin musteri merkezinin gerekli kapasitesi

CEC(c,t) kapasite genisletme i

CEB(b,t,q) kapasite genisletme j

CES(d,t) kapasite genisletme k

CESN(g,t) t periyodunda g konumundaki gliserin musteri merkezinin kapasite genisletme miktarı

HSN(g,t) t periyodunda g konumundaki gliserin musteri merkezinin gliserin stok duzeyi

;

Equations

obj amac fonksiyonu

k1(d,t)

k2(g,t)

k3(i,t)

k4(i,t)

k5(c,t)

k6(b,q,t)

k7(b,q,t)

k8(c,t)

k9(b,q,t)

k10(b,q,t)

k11(d,t)

k12(g,t)

k13(i)

k14(i)

k15(c,t)

k16(c,t)

k17(c,t)

k18(b,t,q)

k19(b,q,t)

k20(b,q,t)

k21(b)

k22(d,t)

k23(d,t)

k24(d,t)

k25(g,t)

k26(g,t)

k27(g,t)

k28(c,t)

k29(b,t,q)

k30(d,t)

k31(c,t)

k32(b,t,q)

k33(d,t)

k34(g,t)

;

obj.. z=e=sum(i,cva(i)*tea(i)*TAJ(i))+sum((c,t),cvb(c)*teb(c)*TBJ(c,t))
+sum((b,t,q),cvc(b)*tex(b,q)*CMB(b,t,q))+sum((d,t),cvd(d)*tey(d)*CAS(d,t))
+sum((c,t),CEI(c)*MO(c,t))+sum((b,t,q),CB(b,q)*MB(b,t,q))
+sum((c,t),CEH(c)*HJ(c,t))+sum((b,t,q),CZH(b)*HB(b,t,q))
+sum((b,t,q),CEG(b)*HG(b,t,q))+sum((d,t),CFH(d)*HS(d,t))
+sum((i,c,t),CJT(i,c)*MESIC(i,c)*WT(i,c,t))
+sum((c,b,t,q),COT(c,b)*MESCB(c,b)*QT(c,b,t,q))
+sum((b,d,t,q),CBT(b,d)*MESBD(b,d)*BT(b,d,t,q))
+sum((b,g,t,q),CGT(b,g)*MESBG(b,g)*GT(b,g,t,q));

k1(d,t).. sum((b,q),BT(b,d,t,q))=e=TAL(d,t);

k2(g,t).. sum((b,q),GT(b,g,t,q))=e=TG(g,t);

k3(i,t).. sum(c,WT(i,c,t))=e=MJ(i,t);

k4(i,t).. MJ(i,t)=l=lamda(i,t)*TAJ(i);

k5(c,t).. MO(c,t)=e=alfa*sum(i,WT(i,c,t));

k6(b,q,t).. MB(b,t,q)=e=beta*sum(c,QT(c,b,t,q));

k7(b,q,t).. MG(b,t,q)=e=(1-beta)*sum(c,QT(c,b,t,q));

k8(c,t).. HJ(c,t)=e=HJ(c,t-1)+sum(i,WT(i,c,t))-((1/alfa)*sum((b,q),QT(c,b,t,q)));

k9(b,q,t).. HB(b,t,q)=e=HB(b,t-1,q)+MB(b,t,q)-sum(d,BT(b,d,t,q));

k10(b,q,t).. HG(b,t,q)=e=HG(b,t-1,q)+MG(b,t,q)-sum(g,GT(b,g,t,q));
 k11(d,t).. HS(d,t)=e=HS(d,t-1)+ sum((b,q),BT(b,d,t,q))-TAL(d,t);
 k12(g,t).. HSN(g,t)=e=HSN(g,t-1)+sum((b,q),GT(b,g,t,q))-TG(g,t);

k13(i).. TAJ(i)=g=tea(i)*KA(i);
 k14(i).. TAJ(i)=l=tea(i)*BA(i);
 k15(c,t)\$ (ord(t) ge 1).. TBJ(c,t)=e=TBJ(c,t-1)+CEC(c,t);
 k16(c,t).. teb(c)*KC(c)=l=TBJ(c,t);
 k17(c,t).. TBJ(c,t)=l=teb(c)*BC(c);
 k18(b,t,q)\$ (ord(t) ge 1).. CMB(b,t,q)=e=CMB(b,t-1,q)+CEB(b,t,q);
 k19(b,q,t).. tex(b,q)*KB(b)=l=CMB(b,t,q);
 k20(b,q,t).. CMB(b,t,q)=l=tex(b,q)*BB(b);
 k21(b).. sum(q,tex(b,q))=l=1;
 k22(d,t)\$ (ord(t) ge 1).. CAS(d,t)=e=CAS(d,t-1)+CES(d,t);
 k23(d,t).. tey(d)*KS(d)=l=CAS(d,t);
 k24(d,t).. CAS(d,t)=l=tey(d)*BS(d);
 k25(g,t)\$ (ord(t) ge 1).. CSN(g,t)=e=CSN(g,t-1)+CESN(g,t);
 k26(g,t).. KSN(g)=l=CSN(g,t);
 k27(g,t).. CSN(g,t)=l=BSN(g);

k28(c,t).. sum(i,WT(i,c,t))=l=TBJ(c,t);
 k29(b,t,q).. sum(c,QT(c,b,t,q))=l=CMB(b,t,q);
 k30(d,t).. sum((b,q),BT(b,d,t,q))=l=CAS(d,t);
 k31(c,t).. HJ(c,t)=l=TBJ(c,t);
 k32(b,t,q).. HB(b,t,q)=l=CMB(b,t,q);
 k33(d,t).. HS(d,t)=l=CAS(d,t);
 k34(g,t).. HSN(g,t)=l=CSN(g,t)

model biyodizel /all/;
 solve biyodizel using minlp minimizing z;
 display z.l;

EK C. Ağırlıklı Çok Amaçlı Hedef Programlama GAMS Kodları

sets

i JCL Yetistirme Merkezleri Icin Aday Yerleri /kirkclareli, sakarya, mugla, denizli, artvin, samsun, kayseri, bitlis, mus, siirt/

c JCL Tohumu Toplama ve On Isleme Aday Merkezleri /sakarya, mugla, samsun, kayseri, siirt/

b Biyorafineri Aday Merkezleri /gaziantep, ankara, izmir, kocaeli, mersin/

d Biyodizel Dagitim Aday Merkezleri /kirikkale, izmir, antalya, tekirdag, giresun, mersin, kocaeli/

g Gliserin Tuketici Aday Merkezleri /gliserin1, gliserin2/

q Biyodizel Uretimi Icin Biyorafineride Kullanilacak Teknoloji Turu /CPU1000, BDX1000/

t zaman periyodu /1, 2, 3, 4/;

parameters

KA(i) i konumundaki JCL hammadde merkezi icin min arazi alani /

kirkclareli 1227.3

sakarya 107.2

mugla 15333.4

denizli 19004.4

artvin 4000

samsun 20572

kayseri 184275.1

bitlis 11400

mus 25615

siirt 5733.4 /

BA(i) i konumundaki JCL hammadde merkezi icin max arazi alani /

kirkclareli 235446.6

sakarya 169553.68

mugla 230331.76

denizli 352606.39

artvin 29692.1

samsun 375920.8

kayseri 578886.5

bitlis 123074

mus 247465.6

siirt 83530 /

KC(c) c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezi kapasite alt siniri /

sakarya 236204.3

mugla 224732.1

samsun 316250.4

kayseri 330984.3

siirt 78822.15 /

BC(c) c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezi kapasite ust siniri /

sakarya 286204.3

mugla 274732.1

samsun 366250.4

kayseri 380984.3

siirt 128822.1 /

KB(b) b konumundaki biyorafinerinin kapasite alt siniri /

gaziantep 53965.98

ankara 146741.106

izmir 116112.8

kocaeli 49924.83

mersin 48702.98 /

BB(b) b konumundaki biyorafinerinin kapasite ust siniri /
gaziantep 83965.98
ankara 176741.1
izmir 146112.8
kocaeli 79924.83
mersin 78702.92 /

KS(d) d konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite alt siniri /
kirikkale 7707.92
izmir 117817.8
antalya 64605.88
tekirdag 26834.84
giresun 12203.35
mersin 49418.04
kocaeli 50657.89 /

BS(d) d konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite ust siniri /
kirikkale 37707.92
izmir 147817.8
antalya 94605.88
tekirdag 56834.84
giresun 42203.35
mersin 79418.04
kocaeli 80657.89 /

KSN(g) g konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite alt siniri /
gliserin1 7707.92
gliserin2 117817.8
/

BSN(g) g konumundaki biyodizel dagitim merkezinin kapasite ust siniri /
gliserin1 37707.92
gliserin2 147817.8
/

SCJ(i) i konumunda JCL yetistirme merkezi(tarla) acmanin sabit maliyeti /
kirklareli 9000000
sakarya 3900000
muğla 5700000
denizli 3900000
artvin 9000000
samsun 6300000
kayseri 6300000
bitlis 6600000
mus 8700000
siirt 5100000 /

SCC(c) c konumunda JCL toplama ve on isleme merkezi acmanin sabit maliyeti /
sakarya 960000
muğla 475000
samsun 250000
kayseri 770000
siirt 395000 /

SCS(d) d konumunda biyodizel dagitim merkezi acmanin sabit maliyeti /
kirikkale 340000

izmir 750000
antalya 795000
tekirdag 405000
giresun 450000
mersin 1000000
kocaeli 620000 /

DCJ(i) i konumunda hektar basina JCL ekmenin degisken maliyeti /
kirklareli 90000
sakarya 39000
mugla 57000
denizli 39000
artvin 90000
samsun 63000
kayseri 63000
bitlis 66000
mus 87000
siirt 51000 /

cva(i) i konumundaki JCL tarlalarina 1 ton tohum ekmenin cevreye saldigı CO2nin zararlı etkisi /
kirklareli 1554
sakarya 1554
mugla 1554
denizli 1554
artvin 1554
samsun 1554
kayseri 1554
bitlis 1554
mus 1554
siirt 1554
/

cvb(c) c konumunda 1 ton kapasiteli toplama ve on işleme merkezi kurulumuyla cevreye salınan CO2nin etkisi /

sakarya 2759.99
mugla 2759.99
samsun 2759.99
kayseri 2759.99
siirt 2759.99

/

cvc(b) b konumunda 1 ton kapasiteli biyorafineri kurulumuyla acığa çıkan CO2nin zararlı etkisi /

gaziantep 1853.33
ankara 1853.33
izmir 1853.33
kocaeli 1853.33
mersin 1853.33

/

cvd(d) d konumundaki 1 ton kapasiteli biyodizel dağıtım merkezinin kurulumuyla acığa çıkan CO2nin etkisi /

kirikkale 20.49
izmir 20.49

antalya 20.49
tekirdag 20.49
giresun 20.49
mersin 20.49
kocaeli 20.49

/

CEI(c) c konumundaki toplama ve on isleme merkezinin 1 ton yag uretmesiyle aciga cikan CO2nin etkisi /
sakarya 1940
mugla 1940
samsun 1940
kayseri 1940
siirt 1940

/

CEH(c) c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezinin JCL stogu tutmasiyla aciga cikan CO2 etkisi /

sakarya 4.44
mugla 4.44
samsun 4.44
kayseri 4.44
siirt 4.44

/

CFH(d) d dagitim merkezinde biyodizel stogu tutmanin aciga cikardigi CO2 etkisi /

kirikkale 32.9
izmir 32.9
antalya 32.9
tekirdag 32.9
giresun 32.9
mersin 32.9
kocaeli 32.9

/

CZH(b) b konumundaki biyorafineride biyodizel stogu tutulmasiyla aciga cikan CO2 etkisi /

gaziantep 32.9
ankara 32.9
izmir 32.9
kocaeli 32.9
mersin 32.9

/

CEG(b) b konumundaki biyorafineride gliserin stogu tutulmasiyla aciga cikan CO2 etkisi /

gaziantep 22
ankara 22
izmir 22
kocaeli 22
mersin 22

/;

table lamda(i,t) t periyodunda i bolgesindeki JCL tarlalarinin hektar basina uretim miktari

	1	2	3	4
kirklareli	0.441	2.205	8.821	17.642
sakarya	1.215	6.076	24.304	48.609
mugla	1.156	5.781	23.124	46.248
denizli	1.260	6.302	25.209	50.41
artvin	0.212	1.060	4.24	8.481
samsun	1.627	8.135	32.54	65.08
kayseri	1.702	8.514	34.05	68.11
bitlis	0.429	2.146	8.586	17.17
mus	0.514	2.572	10.288	20.57
siirt	0.405	2.027	8.11	16.221;

table TAL(d,t) t periyodunda d dagitim merkezi icin biyodizel talebi

	1	2	3	4
kirikkale	616.385	1424.463	2319.323	3347.75
izmir	9421.63	21773.32	35451.5	51171.31
antalya	5166.39	11939.5	19439.99	28060.01
tekirdag	2145.92	4959.21	8074.63	11655.07
giresun	975.87	2255.24	3672.003	5300.23
mersin	3951.85	9132.707	14869.95	21463.54
kocaeli	4051	9361.83	15243.02	22002.04;

table TG(g,t) t periyodunda g gliserin musteri merkezi icin gliserin talebi

	1	2	3	4
gliserin1	10.000	10500	11025	11576
gliserin2	10.000	10500	11025	11576;

table SCB(b,q) b konumunda q teknoloji biyorafineri acmanin sabit maliyeti

	CPU1000	BDX1000	
gaziantep	3487500	674250	
ankara	3487500	674250	
izmir	3487500	674250	
kocaeli	3487500	674250	
mersin	3487500	674250	;

table DCC(c,t) t periyodunda c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezinin kurulumunun birim kapasite basina degisken maliyeti

	1	2	3	4
sakarya	96000	120000	144000	168000
mugla	47500	59375	71250	83125
samsun	25000	31250	37500	43750
kayseri	77000	96250	115500	134750
siirt	39500	49375	59250	69125 ;

table DCS(d,t) t periyodunda d konumundaki biyodizel dagitim merkezi kurulumunun birim kapasite basina degisken maliyeti

	1	2	3	4
kirikkale	34000	42500	51000	59500
izmir	75000	93750	112500	131250
antalya	79500	99375	119250	139125
tekirdag	40500	50625	60750	70875
giresun	45000	56250	67500	78750
mersin	100000	125000	150000	175000
kocaeli	62000	77500	93000	108500 ;

table MCJ(i,t) t periyodunda i konumunda JCL birim üretim maliyeti

	1	2	3	4
kirklareli	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
sakarya	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
mugla	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
denizli	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
artvin	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
samsun	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
kayseri	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
bitlis	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
mus	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72
siirt	1131.4	1187.97	1247.36	1309.72

table MCB(b,t) t periyodunda b konumundaki biyorafineriden biyodizel birim üretim maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep	323.487	355.8357	391.4193	430.5612
ankara	323.487	355.8357	391.4193	430.5612
izmir	323.487	355.8357	391.4193	430.5612
kocaeli	323.487	355.8357	391.4193	430.5612
mersin	323.487	355.8357	391.4193	430.5612

table MCG(b,t) t periyodunda b konumundaki biyorafineriden birim gliserin üretim maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep	29.07	31.98	35.18	38.69
ankara	29.07	31.98	35.18	38.69
izmir	29.07	31.98	35.18	38.69
kocaeli	29.07	31.98	35.18	38.69
mersin	29.07	31.98	35.18	38.69

table MCO(c,t) t döneminde c konumundaki JCL toplama ve on işleme merkezinin birim yağ çıkarma maliyeti

	1	2	3	4
sakarya	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243
mugla	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243
samsun	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243
kayseri	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243
siirt	1855.179	2040.697	2244.766	2469.243

table HCJ(c,t) t döneminde c konumundaki JCL toplama ve on işleme merkezinin birim JCL stogu tutma maliyeti

	1	2	3	4
sakarya	249600	274560	302016	332217.6
mugla	123500	135850	149435	164378.5
samsun	65000	71500	78650	86515
kayseri	200200	220220	242242	266466.2
siirt	102700	112970	124267	136693.7

table HCB(b,t) t döneminde b konumundaki biyorafinerinin birim biyodizel stogu tutma maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep	496392.73	546032	600635.2	660698.72
ankara	496392.73	546032	600635.2	660698.72
izmir	496392.73	546032	600635.2	660698.72
kocaeli	496392.73	546032	600635.2	660698.72
mersin	496392.73	546032	600635.2	660698.72

table HCG(b,t) t döneminde b konumundaki biyorafinerinin birim gliserin stogu tutma maliyeti

	1	2	3	4
--	---	---	---	---

gaziantep	44634.76	49098.23	54008	59408.8
ankara	44634.76	49098.23	54008	59408.8
izmir	44634.76	49098.23	54008	59408.8
kocaeli	44634.76	49098.23	54008	59408.8
mersin	44634.76	49098.23	54008	59408.8

table HCS(d,t) t doneminde d konumundaki biyodizel dagitim merkezinin birim biyodizel stogu tutma maliyeti

	1	2	3	4
kirikkale	88400	97240	106964	117660.4
izmir	195000	214500	235950	259545
antalya	206700	227370	250107	275117.7
tekirdag	105300	115830	127413	140154.3
giresun	117000	128700	141570	155657
mersin	260000	286000	314600	346060
kocaeli	161200	177320	195052	214557.2

table DCB(b,t,q) t periyodunda b konumundaki q teknoloji biyorafinerinin kurulumunun birim kapasite basina degisken maliyeti

	CPU1000	BDX1000
gaziantep.1	348750	67425
gaziantep.2	435937.5	84281.25
gaziantep.3	523125	101137.5
gaziantep.4	610312.5	117993.75
ankara.1	348750	67425
ankara.2	435937.5	84281.25
ankara.3	523125	101137.5
ankara.4	610312.5	117993.75
izmir.1	348750	67425
izmir.2	435937.5	84281.25
izmir.3	523125	101137.5
izmir.4	610312.5	117993.75
kocaeli.1	348750	67425
kocaeli.2	435937.5	84281.25
kocaeli.3	523125	101137.5
kocaeli.4	610312.5	117993.75
mersin.1	348750	67425
mersin.2	435937.5	84281.25
mersin.3	523125	101137.5
mersin.4	610312.5	117993.75

table WCT(i,c,t) t doneminde i tarlasındaki JCL tohumlarının c konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezine tasima maliyeti

	1	2	3	4
kirklareli.sakarya	150.78	158.319	166.217	174.474
kirklareli.mugla	325.92	342.216	359.288	377.136
kirklareli.samsun	397.32	417.186	437.99	459.756
kirklareli.kayseri	414.12	434.826	456.518	479.196
kirklareli.sirt	738.36	775.27	813.95	854.388
sakarya.sakarya	27	28.35	29.75	31.25
sakarya.mugla	267.12	280.476	294.468	309.096
sakarya.samsun	246.54	258.867	271.781	285.282
sakarya.kayseri	263.34	276.507	290.301	304.722
sakarya.sirt	587.58	616.959	647.73	679.91
mugla.sakarya	267.12	280.47	294.46	309.096
mugla.mugla	27	28.35	29.75	31.25
mugla.samsun	437.22	459.081	481.98	505.92
mugla.kayseri	358.26	376.17	394.93	414.55

mugla.siirt	657.3	690.16	724.595	760.59
denizli.sakarya	206.22	216.53	227.33	238.62
denizli.mugla	60.9	63.94	67.135	70.47
denizli.samsun	376.32	395.136	414.84	435.45
denizli.kayseri	297.36	312.22	327.8	344.088
denizli.siirt	616.14	646.94	679.22	712.96
artvin.sakarya	484.68	508.914	534.302	560.844
artvin.mugla	675.36	709.128	744.5	781.48
artvin.samsun	238.14	250.047	262.521	275.562
artvin.kayseri	357	374.85	393.55	413.1
artvin.siirt	276.78	290.619	305.117	320.27
samsun.sakarya	246.54	258.86	271.78	285.28
samsun.mugla	437.22	459.081	481.98	505.92
samsun.samsun	27	28.35	29.75	31.25
samsun.kayseri	190.26	199.773	209.73	220.15
samsun.siirt	421.26	442.32	464.38	487.45
kayseri.sakarya	263.34	276.50	290.3	304.722
kayseri.mugla	358.26	376.17	394.93	414.55
kayseri.samsun	190.26	199.77	209.73	220.15
kayseri.kayseri	27	28.35	29.75	31.25
kayseri.siirt	324.24	340.45	357.43	375.19
bitlis.sakarya	569.1	597.55	627.36	658.53
bitlis.mugla	667.38	700.749	735.707	772.25
bitlis.samsun	380.94	399.98	419.94	440.8
bitlis.kayseri	321.72	337.8	354.65	372.27
bitlis.siirt	40.74	42.77	44.911	47.14
mus.sakarya	534.24	560.95	588.93	618.19
mus.mugla	645.12	677.37	711.16	746.49
mus.samsun	346.08	363.38	381.51	400.46
mus.kayseri	286.86	301.20	316.22	331.93
mus.siirt	75.6	79.38	83.34	87.48
siirt.sakarya	587.58	616.95	647.73	679.91
siirt.mugla	657.3	690.16	724.59	760.59
siirt.samsun	421.26	442.32	464.38	487.45
siirt.kayseri	324.24	340.45	357.43	375.19
siirt.siirt	27	28.35	29.75	31.25

table FCT(c,b,t) t doneminde c konumundaki JCL yaginin b konumundaki biyorafineriye tasinmasi maliyeti

	1	2	3	4
sakarya.gaziantep	406.14	426.447	447.721	469.96
sakarya.ankara	128.1	134.5	141.21	148.23
sakarya.izmir	203.7	213.88	224.55	235.71
sakarya.kocaeli	15.54	16.317	17.13	17.98
sakarya.mersin	333.22	348.83	366.23	384.42
mugla.gaziantep	448.98	471.42	494.94	519.53
mugla.ankara	260.4	273.42	287.06	301.32
mugla.izmir	94.5	99.22	104.17	109.35
mugla.kocaeli	282.24	296.35	311.13	326.59
mugla.mersin	330.96	347.50	364.84	382.96
samsun.gaziantep	296.1	310.9	326.415	342.63
samsun.ankara	173.46	182.133	191.219	200.718
samsun.izmir	420	441	463	486
samsun.kocaeli	262.08	275.18	288.91	303.264
samsun.mersin	312.06	327.66	344	361.09
kayseri.gaziantep	142.8	149.94	157.42	165.24
kayseri.ankara	133.98	140.67	147.69	155.03
kayseri.izmir	356.16	373.96	392.62	412.12
kayseri.kocaeli	278.88	292.82	307.43	322.70

kayseri.mersin	136.5	143.32	150.47	157.95
siirt.gaziantep	208.32	218.73	229.64	241.05
siirt.ankara	458.22	481.131	505.133	530.22
siirt.izmir	674.94	708.68	744.041	781.002
siirt.kocaeli	603.12	633.27	664.86	697.89
siirt.mersin	326.34	342.65	359.75	377.62 ;

table BCT(b,d,t) t doneminde b konumundaki biyorafineriden d konumundaki biyodizel dagitim merkezine birim biyodizel tasinma maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep.kirikkale	246.96	259.308	272.24	285.76
gaziantep.izmir	466.62	489.95	514.39	539.94
gaziantep.antalya	318.36	334.27	350.95	368.38
gaziantep.tekirdag	523.74	549.92	577.36	606.04
gaziantep.giresun	295.68	310.46	325.95	342.144
gaziantep.mersin	118.02	123.921	130.103	136.56
gaziantep.kocaeli	421.68	442.76	464.85	487.84
ankara.kirikkale	31.5	33.075	34.725	36.45
ankara.izmir	243.18	255.33	268.077	281.39
ankara.antalya	228.48	239.90	251.87	264.38
ankara.tekirdag	245.7	257.98	270.85	284.31
ankara.giresun	255.36	268.12	281.50	295.488
ankara.mersin	202.44	212.56	223.16	234.25
ankara.kocaeli	143.64	150.82	158.346	166.212
izmir.kirikkale	278.04	291.94	306.506	321.73
izmir.izmir	27	28.35	29.75	31.25
izmir.antalya	186.48	195.804	205.572	215.78
izmir.tekirdag	213.46	224.02	235.20	246.88
izmir.giresun	501.9	526.99	553.28	580.77
izmir.mersin	374.64	393.37	412.99	433.51
izmir.kocaeli	190.26	199.77	209.739	220.158
kocaeli.kirikkale	176.4	185.22	194.46	204.12
kocaeli.izmir	190.26	199.77	209.739	220.158
kocaeli.antalya	254.94	267.68	281.04	295.002
kocaeli.tekirdag	102.06	107.163	112.509	118.098
kocaeli.giresun	343.98	361.17	379.19	398.034
kocaeli.mersin	347.76	365.14	383.36	402.40
kocaeli.kocaeli	27	28.35	29.75	31.25
mersin.kirikkale	195.72	205.506	215.75	226.47
mersin.izmir	374.64	393.37	412.99	433.51
mersin.antalya	200.34	210.357	220.851	231.82
mersin.tekirdag	449.82	472.31	495.87	520.506
mersin.giresun	331.8	348.39	365.77	383.94
mersin.mersin	27	28.35	29.75	31.25
mersin.kocaeli	347.76	365.14	383.36	402.40

table GCT(b,g,t) t doneminde b konumundaki biyorafineriden g konumundaki gliserin musterisine gliserin tasima maliyeti

	1	2	3	4
gaziantep.gliserin1	442.68	464.814	488.002	512.244
gaziantep.gliserin2	453.18	475.839	499.577	524.394
ankara.gliserin1	164.64	172.872	181.496	190.512
ankara.gliserin2	175.14	183.897	193.071	202.662
izmir.gliserin1	211.26	221.823	232.889	244.458
izmir.gliserin2	221.76	232.848	244.464	256.608

kocaeli.gliserin1	27	28.35	29.75	31.25
kocaeli.gliserin2	40.5	42.525	44.625	46.875
mersin.gliserin1	368.76	387.198	406.514	426.708
mersin.gliserin2	379.26	398.223	418.089	438.858

table CB(b,q) b konumundaki q teknolojili biyorafinerinin 1 ton biyodizel uretmesiyle açığa cikan CO2nin etkisi

	CPU1000	BDX1000
gaziantep	630	325
ankara	630	325
izmir	630	325
kocaeli	630	325
mersin	630	325

;

table CG(b,q) b konumundaki q teknolojili biyorafinerinin 1 ton gliserin uretmesiyle açığa cikan CO2nin zararlı etkisi

	CPU1000	BDX1000
gaziantep	631	320
ankara	631	320
izmir	631	320
kocaeli	631	320
mersin	631	320

;

table CJT(i,c) i tarlasından c toplama ve on isleme merkezine 1 ton JCL tasimanin km basına açığa cikardığı CO2 etkisi

	sakarya	mugla	samsun	kayseri	siirt
kirklareli	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
sakarya	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
mugla	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
denizli	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
artvin	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
samsun	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
kayseri	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
bitlis	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
mus	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
siirt	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469;

table COT(c,b) c toplama ve on isleme merkezinden b biyorafineriye 1 ton JCL yagi tasimanin km basına açığa cikardığı CO2 etkisi

	gaziantep	ankara	izmir	kocaeli	mersin
sakarya	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
mugla	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
samsun	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
kayseri	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
siirt	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469

;

table CBT(b,d) b biyorafineriden d dagitim merkezine 1 ton biyodizel tasimanin km basına açığa cikardığı CO2 etkisi

	kirikkale	izmir	antalya	tekirdag	giresun	mersin	kocaeli
gaziantep	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
ankara	0.00469	0.0046	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
izmir	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
kocaeli	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469
mersin	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469	0.00469

;

table CGT(b,g) b biyorafineriden g gliserin musterisine 1 ton gliserin tasimanin km basina açığa cikardigi CO2 etkisi

	gliserin1	gliserin2
gaziantep	0.00469	0.00469
ankara	0.00469	0.00469
izmir	0.00469	0.00469
kocaeli	0.00469	0.00469
mersin	0.00469	0.00469

;

table MESIC(i,c) i ile c konumu arasi mesafe

	sakarya	mugla	samsun	kayseri	siirt
kirklareli	359	776	946	986	1758
sakarya	50	636	587	627	1399
mugla	636	50	1041	853	1565
denizli	491	145	896	708	1467
artvin	1154	1608	567	850	659
samsun	587	1041	50	453	1003
kayseri	627	853	453	50	772
bitlis	1355	1589	907	766	97
mus	1272	1536	824	683	180
siirt	1399	1565	1003	772	50

;

table MESCB(c,b) c ile b arasi mesafe

	gaziantep	ankara	izmir	kocaeli	mersin
sakarya	967	305	485	37	791
mugla	1069	620	225	672	788
samsun	705	413	1000	624	743
kayseri	340	319	848	664	325
siirt	496	1091	1607	1436	777

;

table MESBD(b,d) b ile d arasi mesafe

	kirikkale	izmir	antalya	tekirdag	giresun	mersin	kocaeli
Gaziantep	588	1111	758	1247	704	281	1004
ankara	75	579	544	585	608	482	342
izmir	662	50	444	508	1195	892	453
kocaeli	420	453	607	243	819	828	50
mersin	466	892	477	1071	790	50	828

;

table MESBG(b,g) b ile g arasi mesafe

	gliserin1	gliserin2
gaziantep	1054	1079
ankara	392	417
izmir	503	528
kocaeli	50	75
mersin	878	903

;

scalars

alfa JCL tohumlarının yaga donusum faktoru /0.35/
beta JCL yagının biyodizele donusum faktoru /0.83/
w1 /0.7/
w2 /0.3/;

binary variables

tea(i) jcl yetistirme merkezi acma karari
teb(c) toplama ve on isleme merkezi acma karari
tex(b,q) q teknoloji b biyorafinerisinin acma karari
tey(d) dagitim merkezi acma karari
;

variables
z hedef;

positive variables

HJ(c,t) t periyodunda i konumundaki toplama ve on isleme merkezinin JCL stogu duzeyi
HB(b,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknoloji biyorafinerinin biyodizel stok duzeyi
HG(b,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknoloji biyorafinerinin gliserin stok duzeyi
HS(d,t) t periyodunda k konumundaki biyodizel dagitim merkezinin biyodizel stogu duzeyi
MJ(i,t) t periyodunda f konumundaki JCL tarlasinda uretilebilen JCL miktarı
MB(b,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknolojiyle uretilebilen biyodizel miktarı
MG(b,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknolojiyle uretilebilen gliserin miktarı
MO(c,t) t periyodunda i konumundaki toplama ve on isleme merkezinde uretilebilen JCL yagi miktarı
WT(i,c,t) t periyodunda f konumundan i konumundaki toplama ve on isleme merkezine tasinan JCL tohumu miktarı
QT(c,b,t,q) t periyodunda i konumundaki toplama ve on isleme merkezinden j konumundaki r teknoloji biyorafineriye tasinan JCL yagi miktarı
BT(b,d,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknoloji biyorafineriden k konumundaki dagitim merkezine tasinan biyodizel miktarı
GT(b,g,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknoloji biyorafineriden k konumundaki dagitim merkezine tasinan gliserin miktarı
TAJ(i) f konumundaki JCL ekili alan miktarı hektar cinsinden
TBJ(c,t) t periyodunda i konumundaki JCL toplama ve on isleme merkezinin gerekli kapasitesi
CMB(b,t,q) t periyodunda j konumundaki r teknoloji biyorafinerinin gerekli kapasitesi
CAS(d,t) t periyodunda k konumundaki biyodizel dagitim merkezinin gerekli kapasitesi
CSN(g,t) t periyodunda g konumundaki gliserin musteri merkezinin gerekli kapasitesi
CEC(c,t) kapasite genisletme i
CEB(b,t,q) kapasite genisletme j
CES(d,t) kapasite genisletme k
CESN(g,t) t periyodunda g konumundaki gliserin musteri merkezinin kapasite genisletme miktarı
HSN(g,t) t periyodunda g konumundaki gliserin musteri merkezinin gliserin stok duzeyi
p1
n1
p2
n2 ;

Equations

obj amac fonksiyonu

k1(d,t)

k2(g,t)

k3(i,t)

k4(i,t)

k5(c,t)

k6(b,q,t)

k7(b,q,t)

k8(c,t)

k9(b,q,t)

k10(b,q,t)

k11(d,t)

k12(g,t)

k13(i)

k14(i)

k15(c,t)

k16(c,t)

k17(c,t)

k18(b,t,q)

k19(b,q,t)

k20(b,q,t)

k21(b)

k22(d,t)

k23(d,t)

k24(d,t)

k25(g,t)

k26(g,t)

k27(g,t)

k28(c,t)

k29(b,t,q)

k30(d,t)

k31(c,t)

k32(b,t,q)

k33(d,t)

k34(g,t)

h1

h2

;

obj.. z=e=w1*p1+w2*p2 ;

h1.. sum(i,SCJ(i)*tea(i))+sum(c,SCC(c)*teb(c))
+sum((b,q),SCB(b,q)*tex(b,q))+sum(d,SCS(d)*tey(d))
+sum(i,DCJ(i)*TAJ(i))+sum((c,t),DCC(c,t)*TBJ(c,t))
+sum((b,t,q),DCB(b,t,q)*CMB(b,t,q))+sum((d,t),DCS(d,t)*CAS(d,t))
+sum((i,t),MCJ(i,t)*MJ(i,t))+sum((c,t),MCO(c,t)*MO(c,t))
+sum((b,t,q),MCB(b,t,q)*MB(b,t,q))+sum((b,t,q),MCG(b,t,q)*MG(b,t,q))
+sum((c,t),HCJ(c,t)*HJ(c,t))+sum((b,t,q),HCB(b,t,q)*HB(b,t,q))
+sum((b,t,q),HCG(b,t,q)*HG(b,t,q))+sum((d,t),HCS(d,t)*HS(d,t))
+sum((i,c,t),WCT(i,c,t)*WT(i,c,t))+sum((c,b,t,q),FCT(c,b,t,q)*QT(c,b,t,q))
+sum((b,q,d,t),BCT(b,d,t)*BT(b,d,t,q))
+sum((b,q,g,t),GCT(b,g,t)*GT(b,g,t,q))-p1+n1=l=2.60072E+11;

h2.. sum(i,cva(i)*tea(i)*TAJ(i))+sum((c,t),cvb(c)*teb(c)*TBJ(c,t))
+sum((b,t,q),cvc(b)*tex(b,q)*CMB(b,t,q))+sum((d,t),cvd(d)*tey(d)*CAS(d,t))
+sum((c,t),CEI(c)*MO(c,t))+sum((b,t,q),CB(b,q)*MB(b,t,q))
+sum((c,t),CEH(c)*HJ(c,t))+sum((b,t,q),CZH(b,t,q)*HB(b,t,q))
+sum((b,t,q),CEG(b,t)*HG(b,t,q))+sum((d,t),CFH(d,t)*HS(d,t))

```

+sum((i,c,t),CJT(i,c)*MESIC(i,c)*WT(i,c,t))
+sum((c,b,t,q),COT(c,b)*MESCB(c,b)*QT(c,b,t,q))
+sum((b,d,t,q),CBT(b,d)*MESBD(b,d)*BT(b,d,t,q))
+sum((b,g,t,q),CGT(b,g)*MESBG(b,g)*GT(b,g,t,q))-p2+n2=l=5.119321E+9;

k1(d,t).. sum((b,q),BT(b,d,t,q))=e=TAL(d,t);
k2(g,t).. sum((b,q),GT(b,g,t,q))=e=TG(g,t);
k3(i,t).. sum(c,WT(i,c,t))=e=MJ(i,t);

k4(i,t).. MJ(i,t)=l=lamda(i,t)*TAJ(i);
k5(c,t).. MO(c,t)=e=alfa*sum(i,WT(i,c,t));
k6(b,q,t).. MB(b,t,q)=e=beta*sum(c,QT(c,b,t,q));
k7(b,q,t).. MG(b,t,q)=e=(1-beta)*sum(c,QT(c,b,t,q));

k8(c,t).. HJ(c,t)=e=HJ(c,t-1)+sum(i,WT(i,c,t))-((1/alfa)*sum((b,q),QT(c,b,t,q)));
k9(b,q,t).. HB(b,t,q)=e=HB(b,t-1,q)+MB(b,t,q)-sum(d,BT(b,d,t,q));
k10(b,q,t).. HG(b,t,q)=e=HG(b,t-1,q)+MG(b,t,q)-sum(g,GT(b,g,t,q));
k11(d,t).. HS(d,t)=e=HS(d,t-1)+ sum((b,q),BT(b,d,t,q))-TAL(d,t);
k12(g,t).. HSN(g,t)=e=HSN(g,t-1)+sum((b,q),GT(b,g,t,q))-TG(g,t);

k13(i).. TAJ(i)=g=tea(i)*KA(i);
k14(i).. TAJ(i)=l=tea(i)*BA(i);
k15(c,t)$ (ord(t) ge 1).. TBJ(c,t)=e=TBJ(c,t-1)+CEC(c,t);
k16(c,t).. teb(c)*KC(c)=l=TBJ(c,t);
k17(c,t).. TBJ(c,t)=l=teb(c)*BC(c);
k18(b,t,q)$ (ord(t) ge 1).. CMB(b,t,q)=e=CMB(b,t-1,q)+CEB(b,t,q);
k19(b,q,t).. tex(b,q)*KB(b)=l=CMB(b,t,q);
k20(b,q,t).. CMB(b,t,q)=l=tex(b,q)*BB(b);
k21(b).. sum(q,tex(b,q))=l=1;
k22(d,t)$ (ord(t) ge 1).. CAS(d,t)=e=CAS(d,t-1)+CES(d,t);
k23(d,t).. tey(d)*KS(d)=l=CAS(d,t);
k24(d,t).. CAS(d,t)=l=tey(d)*BS(d);
k25(g,t)$ (ord(t) ge 1).. CSN(g,t)=e=CSN(g,t-1)+CESN(g,t);
k26(g,t).. KSN(g)=l=CSN(g,t);
k27(g,t).. CSN(g,t)=l=BSN(g);

k28(c,t).. sum(i,WT(i,c,t))=l=TBJ(c,t);
k29(b,t,q).. sum(c,QT(c,b,t,q))=l=CMB(b,t,q);
k30(d,t).. sum((b,q),BT(b,d,t,q))=l=CAS(d,t);
k31(c,t).. HJ(c,t)=l=TBJ(c,t);
k32(b,t,q).. HB(b,t,q)=l=CMB(b,t,q);
k33(d,t).. HS(d,t)=l=CAS(d,t);
k34(g,t).. HSN(g,t)=l=CSN(g,t)

model biyodizel /all/;
solve biyodizel using minlp minimizing z;

display z.l, tea.l, teb.l, tex.l, tey.l, HJ.l, HB.l, HG.l, HS.l, MJ.l,
MB.l, MG.l, MO.l, WT.l, QT.l, BT.l, GT.l, TAJ.l, TBJ.l, CMB.l, CAS.l,
CSN.l, CEC.l, CEB.l, CES.l, CESN.l, HSN.l, p1.l, n1.l, p2.l, n2.l;

```

EK D Modelin GAMS Sonuçları

Model GAMS sonuçlarını inceleyecek olursak; jatropha tarlalarının, Denizli ve Samsun illerinde açılmasına karar verilmiştir.

Jatropha toplama ve ön işleme merkezinin, Samsun ilinde açılmasına karar verilmiştir.

Farklı teknoloji biyorafinerilerin açılma kararı Çizelge EK D.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge EK D.1. Farklı teknoloji biyorafineri açma kararı

İL	CPU1000	BDX1000
Kocaeli	AÇMA	AÇ
Mersin	AÇMA	AÇ

Biyodizel dağıtım merkezlerinin, İzmir, Kocaeli, Mersin, Kırıkkale, Antalya, Tekirdağ ve Giresun illerinde açılmasına karar verilmiştir.

Toplama ve ön işleme merkezlerinin jatropha stok düzeyi Çizelge EK D.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge EK D.2. Toplama ve ön işleme merkezleri jatropha stok düzeyi

İL/Periyot	1	2	3	4
Samsun		47597.727	43259.892	

Biyorafinerilere ait biyodizel stok düzeyi Çizelge EK D.3.'te, gliserin stok düzeyi ise Çizelge EK D.4.'te gösterilmiştir.

Çizelge EK D.3. Biyorafineri biyodizel stok düzeyi

İL/Periyot	1	2	3	4
Kocaeli		10922.352	18490.811	
Mersin		4529.392	5546.399	

Çizelge EK D.4. Biyorafineri gliserin stok düzeyi

İL/Periyot	1	2	3	4
Kocaeli	4583.281			
Mersin	789.415			1213.862

Jatropha tarlalarında üretilen jatropha miktarı Çizelge EK D.5.'te, biyorafinerilerde üretilen biyodizel miktarı Çizelge EK B.6'da, Gliserin miktarı

Çizelge EK D.7.'de, toplama ve ön işleme merkezlerinde üretilebilen jatropha yağı miktarı EK D.8'de gösterilmiştir.

Çizelge EK D.5. Tarlalarda üretilebilen jatropha miktarı

İL/Periyot	1	2	3	4
Denizli	57162.902	142888.273		
Samsun	33470.644	167353.220	366250.400	366250.400

Çizelge EK D.6. Biyorafinerilerde üretilebilen biyodizel miktarı

İL/Periyot	1	2	3	4
Kocaeli	22377.195	41437.609	66337.609	66337.609
Mersin	3951.850	34860.405	41318.273	52625.131

Çizelge EK D.7. Biyorafinerilerde üretilebilen gliserin miktarı

İL/Periyot	1	2	3	4
Kocaeli	4583.281	8487.221	13587.221	13587.221
Mersin	809.415	7140.083	8462.779	10778.641

Çizelge EK D.8 Toplama ve ön işleme merkezlerinde üretilebilen jatropha yağı miktarı

İL/Periyot	1	2	3	4
Samsun	31721.741	108584.522	128187.640	128187.640

Jatropha tarlalarından, toplama ve ön işleme merkezine taşınan jatropha miktarlarını incelersek;

1. yıl Denizli'den Samsun'a 57162.902 ve Samsun'dan Samsun'a 33470.644 ton tohum taşınmıştır.

2. yıl Denizli'den Samsun'a 142888.273 ve Samsun'dan Samsun'a 167353.220 ton tohum taşınmıştır.

3. yıl Denizli'den Samsun'a 0 ve Samsun'dan Samsun'a 366250.400 ton tohum taşınmıştır.

4. yıl Denizli'den Samsun'a 0 ve Samsun'dan Samsun'a 366250.400 ton tohum taşınmıştır.

Toplama ve ön işleme merkezinden biyorafineriye taşınan jatropha yağı miktarlarını incelersek;

1. yıl Samsun'dan Kocaeli'ye 26960.476 ve Samsun'dan Mersin'e 4761.265 hammadde taşınmıştır.

2. yıl Samsun'dan Kocaeli'ye 49924.830 ve Samsun'dan Mersin'e 42000.488 hammadde taşınmıştır.

3. yıl Samsun'dan Kocaeli'ye 79924.830 ve Samsun'dan Mersin'e 49781.052 hammadde taşınmıştır.

4. yıl Samsun'dan Kocaeli'ye 79924.830 ve Samsun'dan Mersin'e 63403.772 hammadde taşınmıştır.

Biyorafineriden biyodizel dağıtım merkezine taşınan biyodizel miktarları Çizelge EK D.9.'da gösterilmiştir. Taşımalar yalnızca Kocaeli ilindeki biyorafineriden tablodaki illere doğru yapılmaktadır.

Çizelge EK D.9. Biyorafineriden biyodizel dağıtım merkezlerine taşınan biyodizel miktarı

İL/Periyot	1	2	3	4
İzmir	9421.630	16194.217	35451.500	51171.310
Kocaeli	4051.000	9361.830	15243.020	22002.040
Kırıkkale	616.385			
Antalya	5166.390			
Tekirdağ	2145.920	4959.210	8074.630	11655.070
Giresun	975.870			

Biyorafineriden gliserin müşteri merkezine taşınan gliserin miktarları Çizelge EK D.10. ve EK D.11.'de gösterilmiştir. EK D.10.'daki taşımalar yalnızca Kocaeli ilindeki biyorafineriden EK D.11.'deki taşımalar yalnızca Mersin ilinden tablodaki gliserin müşteri merkezlerine doğru yapılmaktadır.

Çizelge EK D.10. Kocaeli Biyorafineriden biyodizel dağıtım merkezlerine taşınan gliserin miktarı

Gliserin Müşteri/Periyot	1	2	3	4
Gliserin.1		10500.000	11025.000	11576.000
Gliserin.2		2570.502	2562.221	2011.221

Çizelge EK D.11. Mersin Biyorafineriden biyodizel dağıtım merkezlerine taşınan gliserin miktarı

Gliserin Müşteri/Periyot	1	2	3	4
Gliserin.1	10000			
Gliserin.2	10000	7929.498	8462.779	9564.779

Jatropha tarlasındaki ekili alan miktarı, Denizli için 45367.382, Samsun için 20572.000 hektardır.

Samsun ilindeki toplama ve ön işleme merkezinin gerekli kapasitesi; 1. yıl 316250.400 ton, 2. yıl 316250.400 ton, 3. yıl 366250.400 ton ve 4. yıl 366250.400 tondur.

Biyorafinerilere ait gerekli kapasite EK D.12.'de gösterilmiştir.

Çizelge EK D.12. Biyorafinerilere ait gerekli kapasite

İL/Periyot	1	2	3	4
Kocaeli	49924.830	49924.830	79924.830	79924.830
Mersin	48702.980	48702.980	49781.052	63403.772

Biyodizel dağıtım merkezlerinin gerekli kapasiteleri EK D.13.'te gösterilmiştir.

Çizelge EK D.13. Biyodizel dağıtım merkezi gerekli kapasitesi

İL/Periyot	1	2	3	4
İzmir	117817.800	117817.800	117817.800	117817.800
Kocaeli	50657.890	50657.890	50657.890	50657.890
Mersin	49418.040	49418.040	49418.040	49418.040
Kırıkkale	7707.920	7707.920	7707.920	7707.920
Antalya	64605.880	64605.880	64605.880	64605.880
Tekirdağ	26834.840	26834.840	26834.840	26834.840
Giresun	12203.350	12203.350	12203.350	12203.350

Gliserin müşteri merkezlerinin gerekli kapasiteleri EK D.14'te gösterilmiştir.

Çizelge EK D.14. Gliserin müşteri merkezinin gerekli kapasitesi

Gliserin Müşteri/Periyot	1	2	3	4
Gliserin.1	37707.920	37707.920	37707.920	37707.920
Gliserin.2	147817.800	147817.800	147817.800	147817.800

Samsun ilindeki toplama ve ön işleme merkezinin kapasite genişletme miktarı; 1. yıl için 316250.400, 3. yıl için 50000.000 ve diğer yıllar için 0'dır.

Biyorafinerilerin kapasite genişletme miktarları EK D.15'te gösterilmiştir.

Çizelge EK D.15. Biyorafineri kapasite genişletme miktarı

İL/Periyot	1	2	3	4
Kocaeli	49924.830		30000.000	
Mersin	48702.980		1078.072	13622.720

Biyodizel dağıtım merkezlerinin kapasite genişletme miktarları aşağıda detaylandırılmıştır. İlk yıl kapasite genişletme miktarı; İzmir için 117817.800, Kocaeli için 50657.890, Mersin için 49418.040, Kırıkkale için 7707.920, Antalya için 64605.880, Tekirdağ için 26834.840 ve Giresun için 12203.350'dir. Diğer yıllara ait kapasite genişletme miktarı her bir il için 0'dır.

Gliserin müşteri merkezlerinin kapasite genişletme miktarı ilk yıl; Gliserin.1 için 37707.920 ve Gliserin.2 için 147817.800'dir. Diğer yıllar için her bir gliserin müşteri merkezinin kapasite genişletme miktarı 0'dır.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Enis Barış Karakoç
Doğum Yeri ve Yılı : Fatih, 07/08/1992
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : enisbaris1992@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise : Özel Mavigün Anadolu Lisesi, 2010
Lisans : Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yayınları

Karakoç E. B., Ayvaz B., Kuşakcı A. O., Biyodizel Yakıtlar İçin Çok Amaçlı Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı, 7. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi, Kongre Bildiriler Kitabı, s. 136-144.Bursa, 2018.