

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI
İŞLETME YÖNETİMİ PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ÇALIŞAN ŞARJ
İSTASYONU AĞI KURMA

İREM MUMCU

15713020

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. CEREN ERDİN

İSTANBUL

2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI
İŞLETME YÖNETİMİ PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ÇALIŞAN ŞARJ
İSTASYONU AĞI KURMA

İREM MUMCU

15713020

TEZ DANIŞMANI

Doç. Dr. CEREN ERDİN

İSTANBUL

2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI
İŞLETME YÖNETİMİ PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ÇALIŞAN ŞARJ
İSTASYONU AĞI KURMA

İREM MUMCU

15713020

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 17.05.2019

Tezin Savunulduğu Tarih: 29.05.2019

Tez Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Başarılı Bulunmuştur

	Unvan Ad Soyad	İmza
Tez Danışmanı	: Doç. Dr. Ceren Erdin	Ceren Erdin
Jüri Üyeleri	: Doç. Dr. Serpil Kurt Habıboğlu	Serpil Kurt
	: Doç. Dr. Arzu Karaman Akgül	Karaman

İSTANBUL

Haziran, 2019

ÖZ

ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ÇALIŞAN ŞARJ İSTASYONU AĞI KURMA

İrem Mumcu

Haziran, 2019

Tekerleğin icadı ile insanoğlu hayatını kolaylaştırmak amacı ile birçok araç tasarlamıştır. İnsan veya yük taşımak amacı ile tasarlanmış, gücünü petrol, gaz, elektrik gibi enerji kaynaklarından sağlayan, tekerlekli ulaşım araçlarına otomobil denmektedir. Otomobilleri oluşturan parçaların belki de en önemlisi hareketi sağlayan enerjinin üretildiği kısımlar olan motorlardır. Günümüz otomobilleri hareket için ihtiyaç duyduğu enerjiyi, fosil yakıtı motor içinde yakarak elde etmesine dayanan içten yanmalı sistemlerle üretilmektedir. Ancak ilk çağlardan bu yana yaşanan teknolojik gelişmeler karbondioksit salınımını artırarak çevreye verilen zararın geri dönülemez boyutlara ulaşmasına sebep olduğundan devletler alternatif enerji kaynakları arayışına girmişlerdir. Bu enerji kaynaklarının başında yenilenebilir kaynaklar olarak adlandırdığımız güneş, rüzgar ve su gelmektedir. Farklı enerji kaynakları kullanılması fikrinin otomobil sektörüne yansması elektrik motoru ile çalışan otomobillerin üretilmeye başlaması olmuştur. Hibritler CO₂ salınımını azaltırken tamamen elektriklielerin %0 emisyon yaptığı söylenebilir. Ancak eğer amaç %0 emisyon ise gerekli olan elektrik enerjisinin üretimi sırasında da zararlı gazlar yayması önlenelmelidir. Bu da elektriğin yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesiyle mümkün olabilmektedir. Bilindiği gibi işletmelerin kar maksimizasyonu, maliyet minimizasyonu, mal ve hizmet üreterek toplum refahını arttırmaya katkıda bulunmak, istihdam yaratmak gibi amaçları vardır. Dünyada örneklerine rastlanan yeşil şarj istasyonlarının, ülkemizde de kurulması dileğiyle, uygun istasyon yerleri belirlenmeye çalıştığımız bu çalışmada kullandığımız yöntem ise Analitik Hiyerarşi Prosesidir.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Otomobil, Şarj İstasyonu, Yenilenebilir Enerji, AHP

ABSTRACT

SOLAR POWER CHARGING STATION NETWORK FOR ELECTRIC VEHICLES

İrem Mumcu

June, 2019

Automobiles are designed to carry people and cargo, and perhaps the most important parts are the engines in which the energy is produced. Today's cars are produced by using fossil fuels and internal combustion systems. Since the technological developments since the industrial revolution caused the carbon dioxide emissions to reach irreversible dimensions, the states searched for alternative energy sources. The idea of using different energy sources in the automobile sector is the production of automobiles running on electric motors. Electric and hybrid cars reduce CO₂ emissions, but if the goal is 0% emissions, it is possible to prevent the generation of harmful gases during the production of the required electrical energy. This can be achieved by generating electricity from renewable energy sources such as solar, wind and water. As it is known, enterprises have the purpose of contributing to increase the welfare of the society by producing profit maximization, cost minimization, goods and services and creating employment. With the hope that the green charging stations, which are found in the world, are found by the state in our country, the method we see appropriate for the solution of these suitable station locations problem where multiple criteria are important is Analytic Hierarchy Process.

Key Words: Electric Vehicle, Charging Station, Renewable Energy, AHP

ÖN SÖZ

Çalışmam boyunca akademik bilgi ve desteğini bir an olsun esirgemeyen çok değerli hocam Doç. Dr. Ceren Erdin'e, manevi desteklerini sürekli hissettiğim aileme ve arkadaşlarıma bu süreç içerisinde sürekli yanımda oldukları için teşekkür ederim.

İstanbul; Haziran, 2019

İrem Mumcu

İÇİNDEKİLER

ÖZ	iii
ABSTRACT	iv
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
2. ELEKTRİKLİ ULAŞIM VE ÇEVRE İLİŞKİSİ	4
2.1. Elektrikli Otomobillerin Tarihi Yolcuğu	5
2.2. Elektrikli Otomobil Modelleri.....	6
2.2.1. Tamamen Elektrikli Modeller	6
2.2.2. Hibrit Elektrikli Modeller	8
2.2.2.1. Seri Hibrit.....	12
2.2.2.2. Paralel Hibrit	13
2.2.2.3. Seri-Paralel Hibrit	14
2.2.2.4. Kompleks Hibrit.....	15
2.2.3. Yakıt Hücresi Elektrikli Otomobiller	16
2.3. Elektrikli Otomobillerde Kullanılan Batarya Tipleri	18
2.4. Elektrikli Otomobil Şarjı.....	19
2.5. Şarj Standartları.....	20
2.5.1. IEC Uluslararası Şarj Standartları	21
2.5.2. CHAdeMO Şarj Standartları	22
2.5.3. SAE Şarj Standartları	22
2.6. Şarj İstasyonu Tipleri	23

2.6.1. Yavaş Şarj İstasyonu	23
2.6.2. Normal Şarj İstasyonu.....	23
2.6.3. Hızlı Şarj İstasyonu	23
2.6.4. Batarya Değişim İstasyonu	24
2.6.5. Supercharger	24
2.6.6. Yeşil Şarj İstasyonu	25
2.7. Neden Yeşil Şarj?.....	25
2.7.1. Enerji Kaynakları	25
2.7.1.1. Yenilenmeyen Enerji Kaynakları.....	26
2.7.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	27
2.7.2. Taraf Olduğumuz Önemli Çevre Anlaşmaları	34
2.7.2.1. Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü	34
2.7.2.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi.....	34
2.7.2.3. Kyoto Protokolü	36
2.7.2.4. Paris Anlaşması.....	36
2.7.3. Ülkemizde Çevre Koruma Uygulamaları	37
2.7.3.1. Yasal Düzenlemeler	38
2.7.3.2. Elektrikli Araç Uygulamaları.....	42
3. YÖNTEM.....	45
3.1. Çok Kriterli Karar Verme	45
3.2. Analitik Hiyerarşi Prosesi - AHP	47
3.2.1. Hiyerarşik Modelin Kurulması:	50
3.2.2. İkili Karşılaştırmalar Matrisi.....	51
3.2.3. Normalizasyon, Özdeğer Vektörü ve Uyum Oranı.....	52
4. UYGULAMA.....	56
4.1. AHP Kriterler	56
4.1.1. Bölgenin Demografik Özellikleri.....	56

4.1.1.1. Bölgenin Eğitim Seviyesi.....	57
4.1.1.2. Bölgenin Gelir Seviyesi	59
4.1.2. Bölgenin Güneş Enerjisi Potansiyeli.....	60
4.1.2.1. Işınım Şiddeti	61
4.1.2.2. Yıllık Ortalama Güneşlenme Saati.....	63
4.1.2.3. Yağışlı Gün Sayısı	64
4.1.3. Otomobillerin Menzil Özellikleri.....	65
4.2. AHP Uygulama Adımları.....	70
4.2.1. 1.Bölge; Kocaeli-Yalova-Bursa:	70
4.2.2. 2.Bölge Kütahya-Eskişehir-Afyon.....	79
4.2.3. 3.Bölge Afyon-Burdur-Isparta	85
5. SONUÇ ve ÖNERİ.....	90
KAYNAKÇA	94
EKLER.....	103
ÖZ GEÇMİŞ.....	106

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Lityum –İyon Pillerin Sıcaklığa Bağlı Olası Verim Kayıpları	19
Tablo 2: Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri.....	46
Tablo 3: Önem Dereceleri Tablosu	51
Tablo 4: Analize Dahil Edilen İllerin TUIK İllerde Yaşam Endeksi Verileri	60
Tablo 5: İllerin Güneş Enerjisi Potansiyeli Verileri.....	65
Tablo 6: Elektrikli Otomobiller Ve Özellikleri	67
Tablo 7: İller Arası Mesafe Cetveli.....	70
Tablo 8: 1. Bölge Gelir Seviyesi Kriteri Endeks Değerleri	71
Tablo 9: 1. Bölge Gelir Seviyesi Kriteri Önem Dereceleri	71
Tablo 10: 1. Bölge Gelir Seviyesi Kriteri AHP Analiz Sonuçları	74
Tablo 11: 1. Bölge Eğitim Seviyesi Kriteri Endeks Değerleri.....	74
Tablo 12: 1. Bölge Eğitim Seviyesi Kriteri AHP Analiz Sonuçları.....	75
Tablo 13: 1. Bölge Yıllık Güneşlenme Saati Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları.....	76
Tablo 14: 1. Bölge Yağışlı Gün Sayısı Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları.....	76
Tablo 15: 1. Bölge Işınım Şiddeti Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları.....	77
Tablo 16: 1. Bölge Menzil Uzunluğu Kriteri AHP Analiz Sonuçları	77
Tablo 17: Ana Kriterlerin AHP Analiz Sonuçları	78
Tablo 18: 1.Bölge AHP Sonuç Tablosu	79
Tablo 19: 2. Bölge Eğitim Seviyesi Kriteri Endeks Değerleri.....	79
Tablo 20: 2. Bölge Eğitim Seviyesi Kriteri AHP Analiz Sonuçları.....	80
Tablo 21: 2. Bölge Gelir Seviyesi Kriteri Endeks Değerleri	80
Tablo 22: 2. Bölge Gelir Seviyesi Kriteri AHP Analiz Sonuçları	81

Tablo 23: 2. Bölge Işınım Şiddeti Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları.....	81
Tablo 24: 2. Bölge Yıllık Güneşlenme Saati Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları.....	82
Tablo 25: 2. Bölge Yağışlı Gün Sayısı Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları.....	82
Tablo 26: Güneş Enerjisi Potansiyeli Ana Kriterinin Alt Kriterleri AHP Analiz Sonuçları	83
Tablo 27: 2. Bölge Menzil Uzunluğu Kriteri AHP Analiz Sonuçları	84
Tablo 28: 2. Bölge AHP Sonuç Tablosu	84
Tablo 29: 3. Bölge Eğitim Seviyesi Kriteri Endeks Değerleri.....	85
Tablo 30: 3. Bölge Eğitim Seviyesi Kriteri AHP Sonuçları	85
Tablo 31: 3. Bölge Gelir Seviyesi Kriteri Endeks Değerleri	86
Tablo 32: 3. Bölge Gelir Seviyesi Kriteri AHP Sonuçları	86
Tablo 33: 3. Bölge Işınım Şiddeti Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları.....	87
Tablo 34: 3. Bölge Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları	87
Tablo 35: 3. Bölge Yağışlı Gün Sayısı Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları.....	88
Tablo 36: 3. Bölge Menzil Uzunluğu Kriteri AHP Analiz Sonuçları	88
Tablo 37: 3. Bölge AHP Sonuç Tablosu	89
Tablo 38: AHP Genel Sonuç Tablosu	92

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Tamamen Elektrikli Otomobil Genel Yapısı.....	7
Şekil 2: Hibrit Elektrikli Otomobil Genel Yapısı	9
Şekil 3: Şarj Olabilir Hibrit Elektrikli Otomobil Genel Yapısı	11
Şekil 4: Seri Hibrit Tahrik Sistemi	13
Şekil 5: Paralel Hibrit Tahrik Sistemi.....	14
Şekil 6: Seri-Paralel Hibrit Tahrik Sistemi.....	15
Şekil 7: Kompleks Hibrit Tahrik Sistemi	15
Şekil 8: Yakıt Hücreli Elektrikli Otomobil Genel Yapısı.....	16
Şekil 9: Tesla Supercharger İstasyonu.....	24
Şekil 10: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	26
Şekil 11: Atatürk Barajı	28
Şekil 12: Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası.....	29
Şekil 13: Rüzgar Türbünleri	30
Şekil 14: Güneş Panelleri Çalışma Mekanizması.....	32
Şekil 15: Dünyada Birincil Enerji Tüketiminin Kaynaklar Bazında Dağılımı.....	34
Şekil 16: Tuik Çevre Koruma Harcamaları İstatistikleri.....	37
Şekil 17: Genel Hiyerarşik Yapı.....	50
Şekil 18: Rassal Değerler.....	54
Şekil 19: İstasyon Ağı Probleminin Hiyerarşik Yapısı.....	55
Şekil 20: Avrupa Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası.....	61
Şekil 21: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) Işınım Değerleri	62
Şekil 22: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası Verileri (GEPA).....	63

Şekil 23: Türkiye Ortalama Güneşlenme Süresi (1988-2017).	64
Şekil 24: Karayolları En Kısa Yol Güzergah Analizi.....	69
Şekil 25: Belirlenen Uygun İstasyon Yerleri.....	93

KISALTMALAR

A	: Amper
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AC	: Alternative Current
CCS	: Combo Charge System
CHAdemo	: Charge de Move
CO₂	: Karbondioksit
DC	: Direct Current
GW	: Gigawatt
HES	: Hidroelektrik Santrali
IEA	: United States International Energy Agency
IEC	: International Electric Commission
Km	: Kilometre
KW	: Kilowatt
KWH	: KiloWattSaat
MW	: Megawatt
SAE	: Society of Automotive Engineers
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
V	: Volt
WWF	: World Wide Fund for Nature
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
MTV	: Motorlu Taşıtlar Vergisi
AB	: Avrupa Birliği
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kanunu
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
CR	: Compliance Rate
CI	: Consistency Rate

RI	: Random Index
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
SUV	: Sport Utility Vehicle
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü

1. GİRİŞ

İnsanoğlu doğanın verdikleriyle yetinememeye başladığında bazı ihtiyaçlarını kendisi üretmek zorunda kalmıştır. Bu ilkel üretim faaliyetleri zaman içinde teknolojiyle birlikte gelişerek bugünün modern işletmelerinin temel amaçlarından olan kar etmek amacını gerçekleştirme yolunda bahsedebileceğimiz önemli kavramlardan biri olan üretim kavramını doğurmuştur. Ülkelerin ve işletmelerin üretim süreçlerinin gelişmesiyle artan enerji ihtiyacı ve bunu elde etme yöntemleri özellikle fosil yakıt kullanımının artmasına bağlı olarak başta karbondioksit (CO₂) gazı olmak üzere çevreyi olumsuz etkileyen bir takım zararlı gazların salınımını artırmış ve çağımızın önemli bir sorunu olan küresel ısınma problemini de beraberinde getirmiştir. Son yıllarda ülkeler çevre sorunlarını, sera gazı yayınımlarını azaltmak amacıyla uluslararası anlaşmalarla işbirliği yapmaya çalışmaktadır. Bu anlaşmalar sonucu ise ülkelerin ve dolayısıyla işletmelerin üretim faaliyetleri de bu Yeşil Dünya felsefesinden etkilenmektedirler. Bir işletmeyi “ başkalarının ihtiyaçlarını karşılamak üzere mal veya hizmet üreten ekonomik birim (Mucuk, 2011, 4)” olarak basitçe tanımlarsak; özel girişimciler tarafından kurulan ve devlet tarafından kurulan işletmeler olarak iki temel ayrım yapılabilir. İşletmelerin bilindiği gibi satış gelirlerini artırmak, kar sağlamak, sosyal sorumluluk ve varlığını sürdürmek-büyümek gibi bazı temel amaçları vardır (Mucuk, 2011, 27). İşletmelerin varlığını sürdürürken yerine getirdikleri faaliyetler çok çeşitlidir ancak birbirine yakın özellikte olanların sınıflandırılması işletme fonksiyonları kavramını ortaya çıkarmıştır. İşletme fonksiyonlarını yönetim, üretim, pazarlama, finans, insan kaynakları, muhasebe, halkla ilişkiler ve ar-ge faaliyetleri olarak 8 ana başlıkta toplamak mümkündür. Yönetim fonksiyonları tüm faaliyetler için önemli olduğundan en genel niteliğe sahip olandır (Mucuk, 2011, 39). İşletme yöneticileri işletmenin amaçlarını gerçekleştirmeye çalışırken küçük büyük sürekli birtakım kararlar almak zorundadırlar. Dolayısıyla yönetim ile karar süreçlerini ayrı düşünmek imkansızdır. Örneğin; en önemli amaçlardan biri olan kar basit olarak; bir faaliyet dönemi sonunda gelirler ile giderler arasında kalan pozitif fark olarak tanımlanırsa, işletmeler kar amacını gerçekleştirmek için genellikle mal veya hizmet üretimi şeklinde iki ana

Üretim Őeklinden birini benimseyerek yola çıkarlar. Ve bu süreçlerin her aşamasında yöneticilerin kararları söz konusudur. Üretimde başarılı olan bir özel işletmenin kendi kar amaçlarını gerçekleŐtirmenin yanında, ülkesine ekonomik kalkınma yolunda da önemli faydalar sağladığı bilinmektedir. Kamu işletmelerinin ise esas amacı topluma hizmet etmek olmalıdır. Ancak hizmet etmek amacıyla kurulan kamu işletmelerinin de rekabet koŐullarında varlığını sürdürebilmesi yine başarılı bir yönetim felsefesine sahip olması, yöneticilerinin doğru kararlar alması ve kar edebilmesiyle doğrudan ilgilidir. Bu sebeple giderleri düŐürmek, başka bir deyişle maliyet minimizasyonu yapabilmek özel sektör iŐletmeleri kadar devlet tarafından kurulan işletmeler için de büyük önem taşımaktadır.

Günümüz işletmelerinin kara geçme yolunda üretim faaliyetlerini gösterirken ayak uydurmak zorunda oldukları dıŐ dünyaya, pazara, hizmet ettikleri topluma karşı sorumlulukları olduğu bilinmektedir. Son yıllarda artan çevresel kirlilik sebebiyle toplumlarda oluşan evre kaygısı ve çevreyi koruma bilinci iŐletmeleri de çevreye duyarlı ürünler üretilip pazarlamak konusunda bir hayli etkilemiŐtir. Bir işletmenin kar sağlayarak yaŐamını sürdürebilmesi artık satış gelirlerini artırmak ve maliyet minimizasyonu yapmak kadar, çevreci bir duruŐu olup olmamasıyla da yakından ilgili hale gelmiştir.

Küresel ısınmanın baŐlıca sorumlusu olarak görülen CO2 gazı çeşitli kavramların doğmasına da sebep olmuştur. “ Kurum veya bireylerin ulaşım, ısınma, elektrik tüketimi vb. faaliyetlerinden kaynaklanan toplam sera gazı salınımı (Kaypak, 2013,154-159)” olarak tanımlanan “karbon ayak izi” bu kavramlardan biridir. Amerikan evre Koruma Ajansı’nın yayınladığı verilere göre atmosfere zararlı gaz salınımını sektörel olarak incelediğimizde küresel boyutta; elektrik ve ısınma sektörlerinin %25, tarım, ormancılık sektörlerinin %24, sanayi sektörünün %21 oranıyla yer aldığı sıralamada ulaşım sektörünün %14 gibi bir oranla 4. sırada olduğunu görüyoruz (Sources of Greenhouse, [13.03.2019]). Bireysel olarak gündelik faaliyetlerimizin neredeyse tamamı doğaya karbon yaymamıza neden olmaktadır. Karbon ayak izimizi oluşturan bu bireysel faaliyetlerin başlarında gelen ulaşım sektöründe alternatif enerji kaynaklarına yönelimi artırarak bu ayak izimizi azaltmamız mümkündür. Fosil yakıt kullanımı sonucu araçların yaydığı zehirli gazların küresel ısınmaya ek olarak pek oğumuzda zaman içinde solunum semptomları, astım krizleri, akciğer kanseri, kalp damar hastalıkları, bronŐit gibi sağlık

problemlerine sebep olduğu da bilinen bir gerçektir (Darçın, Darçın, 2009, 485-512). Tüm bu mikro ve makro boyuttaki hasarlar düşünöldüğünde işletmelerin çevreci tutum izlemesinin, hem kendi kar faaliyetleri açısından hem de yaşanılabilir bir çevre, temiz bir gelecek sağlama ihtiyacımız dolayısıyla gerekli olduğundan ulaşım sektöründe yapılabilecek iyileştirmeler adına elektrikli otomobil dünyasına yöneleceğimiz bu çalışmada işletme amaçlarını gerçekleştirirken yöneticilerin karar süreçlerinde kullandıkları fonksiyonel bir yöntem olan analitik hiyerarşi prosesi yardımıyla elektrikli otomobiller için güneş enerjisi ile çalışan şarj istasyonları için uygun olan illeri belirlemeye çalışacağız. Güneş doğanın bize sunduğu sonsuz ve maliyetsiz bir kaynaktır. Son yılların popüler bir enerji üretim şekli olan güneş enerjisi ile elektrik üretimi elektriğin üretilirken zararlı sera gazları yayılmaması sebebiyle son derece çevreci bir yöntemdir. Bilindiğı gibi elektrikli otomobiller fosil yakıt kullanımı sonucu ortaya çıkan zararlı gaz emisyonunu azaltmak mümkünse sıfıra indirmek için üretilmektedirler. Hibrit modeller yakıt tasarrufu yapmak ve CO2 emisyonunu azaltmak amacıyla üretilmiş ve bu amacı gerçekleştirmektedirler. Tamamen elektrikli modellerin amacı ise emisyonu azaltmak değil sıfıra indirmektir. Çalıştıkları süre boyunca emisyon yapmayan bu modeller tamamen çevrecidir ancak şarj olurken kullanılan elektriğin fosil yakıtlar kullanan santrallerde üretildiğı gerçeğı değışmedikçe tam bir çevrecilikten söz etmek söz konusu olamaz. Bu sebeple dünyada da örneklerine rastlanan, güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynağı kullanılarak elektrik üretecek şarj dolum istasyonlarının ölkemizde de kamu yatırımlarının artırılarak kurulması dileğıyle yola çıktığımız bu çalışmanın ilk kısmında elektrikli otomobiller, şarj istasyonları, güneş enerjisi üretim yöntemleri tanıtılacak, daha sonra Analitik Hiyerarşi Prosesi yönteminin detayları verilecektir. Uygulama olarak İstanbul merkez ilçelerinden olan Kadıköy'den hareket ettiğı varsayılan bir elektrikli otomobil kullanıcısının Antalya'ya giderken kullanabileceğı tatil rotası üzerinde, belirlediğimiz kriterlere uygun illerin seçimini yapabilmek için kriterler açıklanarak analitik hiyerarşi prosesi kullanılacak, sonuçlar tablolar halinde verilecek ve yorumlanacaktır. Çalışma sonuç ve öneri ile tamamlanacaktır.

2. ELEKTRİKLİ ULAŞIM VE ÇEVRE İLİŞKİSİ

Çevre dostu olması sebebiyle otomotiv teknolojisinin gözbebeği sayılabilen, basit olarak düşünüldüğünde elektrik enerjisi ile çalışan otomobillere elektrikli otomobil denir.

Görünüşte hiçbir fark teşkil etmediğinden dışarıdan bakıldığında bir otomobilin elektrikli mi yoksa benzinli bir araç mı olduğunu anlamak mümkün değildir. Farkı oluşturan elektrikli otomobilin çalışma prensibidir. İçten yanmalı motor yerine elektrikli motor kullanılan elektrikli otomobiller, gücünü şarj edilebilen bataryalardan alır. Bataryalardan gelen elektrik gücü, kontrol ünitesi ile dönüştürülerek elektrik motoruna iletilir. Bu sayede gerekli olan itiş gücü elde edilir ve aracın hareket etmesi sağlanır.

Elektrikli otomobillerde genellikle yüksek maliyete sebep olan lityum-iyon bataryalar kullanılmaktadır.

Elektrikli araçlarda geliştirilmesi gereken daha doğrusu aşılması gereken belki de en önemli problem bataryaların depolayabildiği enerji kapasitesine bağlı olarak gidebildiği menzil uzunluğudur. İçten yanmalı motorlarla kıyaslandığında; dolu batarya ile bir elektrikli otomobil ortalama 200 km civarında gidebilirken, bir içten yanmalı otomobil dolu depo ile ortalama şehir içinde 500 km gidebilmektedir. Bu da kullanıcı açısından tercih edilmeme sebebi olmaktadır. Diğer problem ise bataryaların henüz gelişim aşamasında olmalarından dolayı ağırlıklarının fazla olmasıdır. Batarya ağırlığı aracın ağırlığını artırdığından daha çok elektrik tüketimine sebep olmaktadır. (Elektrikli Otomobil Türleri, [18.10.2018])

Enerji kaynağı en önemli alan olmasına rağmen, gövde tasarımı, elektrik gücü, enerji yönetimi ve sistem optimizasyonu da aynı derecede önemlidir. Aslında, tüm bu alanların entegrasyonu başarılı bir elektrikli otomobilin anahtarıdır (Chan, Chau, 2001,9).

2.1. Elektrikli Otomobillerin Tarihi Yolcuğu

İlk olarak yaklaşık 100 yıl önce ortaya çıkan elektrikli arabaların popülerliği bugün de aynı sebeplerle artış göstermektedir. Elektrikli otomobillerin gelişimini incelediğimizde basit haliyle ilk elektrikli aracı 1832’de Robert Anderson’ın ürettiğini söyleyebiliriz. Ancak bu dönemde üretilen araçlar 1880’lere kadar pek pratik kullanışlı değillerdi. Basit başka bir örneğine 1884’te İngiltere’de rastlanan elektrikli araçların Amerika’da tekrar sahneye çıkışı 1889-1891 tarihleri arasında William Morrison ile olmuştur. Benzin veya buhar ile çalışan otomobillere kıyaslandığında özellikle kadınlar tarafından tercih edilen sessiz, kolay kullanılan ve çevreye kirli gaz yaymayan bu araçların popülerliği 1900’lerin başlarında arttı. 1900-1912 arası Amerika’da oldukça moda olan bu araçların piyasadaki araçların yaklaşık üçte birini oluşturduğu görülmektedir. Gelişim aşamalarına bakacak olursak;

1901 yılında Ferdinand Porsche elektrik ve benzin ile çalışan dünyanın ilk hibrit elektrikli otomobili “The Lohner-Porsche Mixte” yi üretmiştir.

1912 ‘de Henry Ford’un seri üretim bandını bularak Model T adını verdiği elektrikli marş ile çalışan benzinli otomobili üretmesiyle oluşan benzinli araçlardaki gelişim ve Texas’tan yapılan ucuz ham petrol yardımının etkisi ile 1920’den 1935’e kadar geçen süreçte popülerliğini yitiren elektrikli otomobiller 1935’ten sonra tamamen sahneden silinmişti. 1970’lerde yaşanan petrol krizine kadar elektrikli araba gibi alternatif enerji kullanan araçlara ihtiyaç olmadı ve ilgisizlik devam etti. 1973’te yaşanan petrol krizinden sonra küçük büyük bütün otomobil üreticileri alternatif yakıt arayışına girdiler ve yeni bir dönem başladı.

1973’te General Motors şehir içi elektrikli araba prototipini yapmıştır. 1975’te Sebring-Vanguard tarafından dönemin başarılı sayılabilecek, yaklaşık 50-60 mil hızlanabilen elektrikli aracı “CitiCar” 2000 adet üretilmiştir.

Ancak dönemin benzinli araçlarıyla karşılaştırıldığında düşük hız performansı ve sürekli şarj edilme gibi teknik sorunlar yüzünden elektrikli arabaların popülerliği kısa sürede tekrar düşmeye başladı.

1990’lara gelindiğinde yapılan devlet düzenlemelerinin de desteğiyle otomobil üreticileri benzinli araçları elektrikli otomobillere çevirmeye yönelik modifikasyonlar yapmaya başladılar.

1996'da General Motors'un sessizce tasarladığı ve büyük ilgi uyandıran EV1, 1997'de ilk kitle üretim hibrit otomobili olan Toyota Prius, 2008'de bugün piyasanın liderlerinden sayılabilecek bir firma olan Tesla Motors'un 200 milden fazla hız yapacağını söylediği ilk elektrikli lüks spor otomobili Tesla Roadster, 2010'da General Motors'un ilk ticari plug-in hibrit otomobili Chevy Volt ve 2010'da tamamen elektrikli sıfır emisyonlu Nissan LEAF gibi modellerin piyasaya çıkmasıyla elektrikli otomobil piyasasının oldukça hareketli bir döneme girdiğini söylemek yanlış olmayacaktır (The History of the Electric Car, [16.08.2018]).

2.2. Elektrikli Otomobil Modelleri

2.2.1. Tamamen Elektrikli Modeller

Enerji kaynağı olarak şarj olabilen batarya ve itiş gücü olarak elektrik motoru kullanan modellerdir. Batarya kapasitelerine göre menzilleri değişkenlik gösterir. Bataryadan alınan elektrik enerjisi bir elektrik motoru ile mekanik enerjiye dönüştürülür, bu enerji araç üzerindeki tahrik organları yardımıyla tekerleklerle aktararak aracın hareketini sağlar (Kocabey, 2018, 16-23).

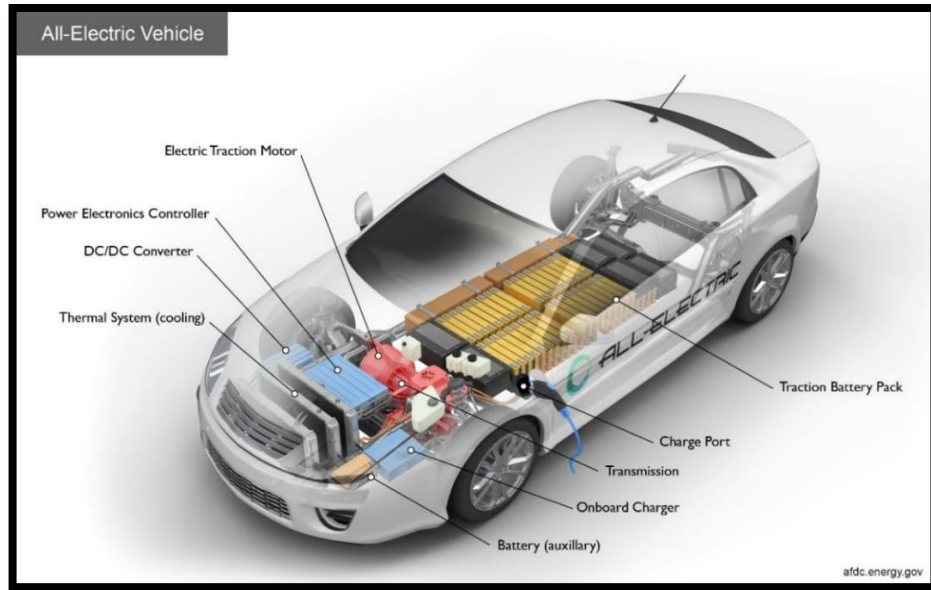
Elektrikli otomobillerin sıradan otomobillere kıyaslandığında avantajlarını şöyle sıralayabiliriz (Guirong, Henghai, Houyu, 2011,433-438):

- Yüksek verim: normal araçların motorlarından elde edilen verimin %38 civarında olduğu bilinmektedir ancak frenleme, düşük hızda sürüş, bekleme süreleri gibi etkenler nihai verimi %12'lere kadar düşürmektedir. Elektrik motorunda ise verim %80 civarında ölçülür ve hiçbir kayıp olmadan aracın hareketine harcanabilir. Yani elektrik motorunda verim kaybı yaklaşık %20'dir.
- Çevreci olması: elektrik motoru ile çalışan bir otomobil içten yanmalı motorlar gibi çevreye zararlı gaz yayılımı yapmayacağı için çevreci oldukları söylenebilir.
- Sessiz olması: içten yanmalı otomobillerde mekanik hareketi sağlayan yanma prosedürleri otomobilin titremesine ve motorun gürültülü bir şekilde çalışmasına sebep olmaktadır ancak elektrikli otomobillerde yanma prosedürleri atlandığından araçtan gelen tek ses hava

kompresörleri, soğutma mekanizması ve aktarım sistemlerinden kaynaklanan seslerdir ki bu da neredeyse sessizlik anlamındadır.

- Enerji kaynağı çeşitliliği: içten yanmalı motorlar gibi petrol ve türevlerine bağımlı olmadığından ihtiyaç duyduğu enerjinin üretilbileceği su (hidroenerji), nükleer enerji, rüzgar veya güneş enerjisi gibi pek çok kaynak vardır.
- Enerjinin geri kazanımı: İçten yanmalı motorlarda hareket için kullanılan enerjinin büyük bir kısmı ısı enerjisi olarak açığa çıkmakta ve kaybolmaktadır ancak elektrikli otomobillerde kullanılan bazı düzenekler frenleme esnasında açığa çıkan enerjiyi bile geri dönüştürebilecek kapasiteye sahip olabilmekte böylece tek dolumda gidebileceği menzilin uzamasına fayda sağlayabilmektedir.

Batarya maliyetlerinin yüksek olması, tek dolumla gidilebilen menzilin az olması, şarj istasyonlarının yeteri kadar yaygın olmayışı ve şarj dolum sürelerinin uzunluğu ise en önemli dezavantajları olarak sayılmaktadır.



Şekil 1: Tamamen Elektrikli Otomobil Genel Yapısı

Kaynak: U.S. Department Of Energy, **How Do All Electric Cars Work?**, [16.04.2019].

Şekil 1’de görülen tamamen elektrikli otomobilin önemli parçaları aşağıdaki gibi açıklanmıştır (How The All, [16.04.2019]) :

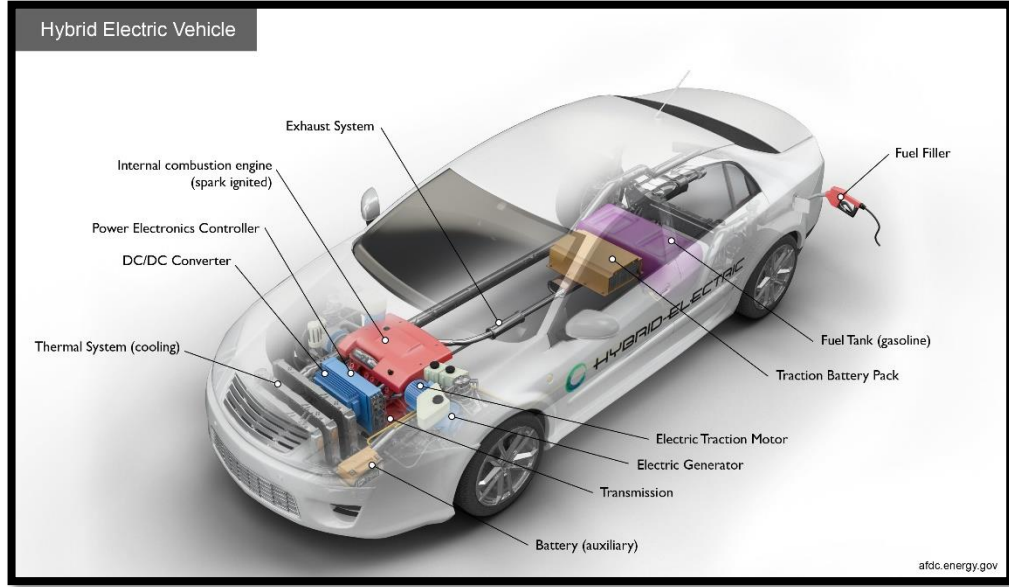
- **Yardımcı Akü (Battery auxiliary):** Elektrikli tahrikli bir araçta yardımcı akü, araç aksesuarlarına güç sağlamak için elektrik sağlar.
- **Şarj Portu (Charge port):** Şarj portu, çekiş aküsünü şarj etmek için aracın harici bir güç kaynağına bağlanmasına izin verir.
- **DC / DC Dönüştürücü (DC/DC converter):** Bu cihaz, çekiş akü paketinden yüksek voltajlı DC gücünü, araç aksesuarlarını çalıştırmak ve yardımcı aküyü şarj etmek için gereken düşük voltajlı DC gücüne dönüştürür.
- **Elektrikli Çekiş Motoru (Electric traction motor):** Çekiş batarya paketinden gelen gücü kullanarak, bu motor aracın tekerleklerini çalıştırır. Bazı araçlar hem tahrik hem de yenileme fonksiyonlarını yerine getiren motor jeneratörlerini kullanır.
- **Araç içi şarj cihazı (Onboard charger):** Şarj portu ile gelen AC elektriğini alır ve çekiş aküsünü şarj etmek için DC gücüne dönüştürür. Paketi şarj ederken voltaj, akım, sıcaklık ve şarj durumu gibi batarya özelliklerini izler.
- **Güç Elektroniği Denetleyicisi (Power electronics controller):** Bu ünite, çekiş bataryası tarafından sağlanan elektrik enerjisi akışını yönetir, elektrik çekiş motorunun hızını ve ürettiği torku kontrol eder.
- **Termal Soğutma Sistemi (Thermal system (cooling)):** Bu sistem motorun, elektrik motorunun, güç elektroniğinin ve diğer bileşenlerin uygun çalışma sıcaklığı aralığını korur.
- **Çekiş Aküsü (Traction battery pack):** Elektrik çekiş motoru tarafından kullanılmak üzere elektrik depolar.
- **Şanzıman (Transmission (electric)):** Şanzıman, tekerlekleri sürmek için elektrik çekiş motorundan mekanik güç aktarır.

Tamamen elektrikli modellere BMW İ3, JAGUAR İPace, TESLA Model S, NISSAN LEAF, RENAULT ZOE, DMA Corolla ve CHEVROLET BOLT EV örnek olarak gösterilebilir.

2.2.2. Hibrit Elektrikli Modeller

İtiş gücü olarak içten yanmalı motor ve elektrik motorunun çeşitli kombinasyonlarla kullanıldığı araçlara hibrit elektrikli otomobil denilmektedir (Gürbüz, Kulaksız, 2016,

117-125). Sürüş koşullarına göre sadece elektrik motoru veya hem elektrik motoru hem içten yanmalı motorun aynı anda kullanılabildiği bu sistemlerde araç kendi kendini şarj edebilme özelliğine sahiptir. Düşük yakıt tüketimi ve düşük zararlı gaz salımı sağlayan bu araçlarda en güçlü şarj rejeneratif frenleme sistemleri sayesinde frenleme esnasında gerçekleşir. Yine sürüş esnasında hibrit aküsünü şarj eden benzin motoru da bir diğer şarj kaynağıdır (Hibrit Nedir?, [17.10.2018]). Hibrit araçlarda kullanılan elektrik sistemleri yakıt verimliliğini artırır.



Şekil 2: Hibrit Elektrikli Otomobil Genel Yapısı

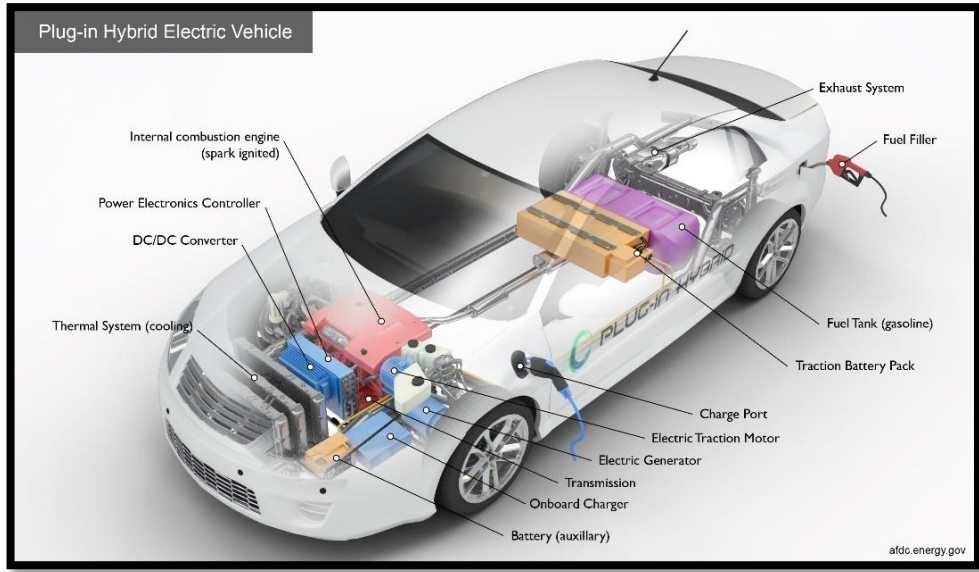
Kaynak: U.S. Department Of Energy, **How Do Hybrid Electric Cars work?**, [16.04.2019].

Şekil 2’de görülen Hibrit elektrikli otomobilin önemli parçaları aşağıdaki gibi açıklanmıştır (How Do Hybrid, [16.04.2019]):

- **Yardımcı Akü (Battery auxiliary):** Elektrikli bir araçta, yardımcı akü, çekiş aküsü takılmadan önce aracı çalıştırmak için elektrik sağlar ve ayrıca araç aksesuarlarına güç verir.
- **DC / DC Dönüştürücü (DC/DC converter):** Bu cihaz, çekiş akü paketinden yüksek voltajlı DC gücünü, araç aksesuarlarını çalıştırmak ve yardımcı aküyü şarj etmek için gereken düşük voltajlı DC gücüne dönüştürür.
- **Elektrik Jeneratörü (Electric generator):** Fren yaparken dönen tekerleklerden elektrik üreterek bu enerjiyi geri çekiş aküsüne geri aktarır. Bazı araçlar hem tahrik hem de yenileme fonksiyonlarını yerine getiren motor jeneratörlerini kullanır.

- **Elektrikli Çekiş Motoru (Electric traction motor):** Çekiş batarya paketinden gelen gücü kullanarak, bu motor aracın tekerleklerini çalıştırır. Bazı araçlar hem tahrik hem de yenileme fonksiyonlarını yerine getiren motor jeneratörlerini kullanır.
- **Egzoz Sistemi (Exhaust system):** Egzoz sistemi egzoz gazlarını motordan egzoz borusundan dışarı yönlendirir.
- **Yakıt Doldurucusu (Fuel filler):** Bu, depoya yakıt eklemek için kullanılan bir doldurucu veya "ağızlık" dır.
- **Yakıt Deposu (benzin) (Fuel tank (gasoline)):** Bu depo, motor tarafından ihtiyaç duyulana kadar araçta benzin depolar.
- **İçten yanmalı motor (bujili ateşlemeli) (Internal combustion engine (spark-ignited)):** Bu konfigürasyonda, yakıt hava ile birleştirildiği emme manifolduna veya yanma odasına enjekte edilir ve hava / yakıt karışımı bujiden ateşlenir.
- **Güç Elektroniği Denetleyicisi (Power electronics controller):** Bu ünite, çekiş bataryası tarafından sağlanan elektrik enerjisi akışını yönetir, elektrik çekiş motorunun hızını ve ürettiği torku kontrol eder.
- **Termal Soğutma Sistemi (Thermal system (cooling)):** Bu sistem motorun, elektrik motorunun, güç elektroniğinin ve diğer bileşenlerin uygun çalışma sıcaklığı aralığını korur.
- **Çekiş Aküsü (Traction battery pack):** Elektrik çekiş motoru tarafından kullanılmak üzere elektrik depolar.
- **Şanzıman (Transmission):** Şanzıman, tekerlekleri sürmek için motordan ve / veya elektrikli çekiş motorundan mekanik güç aktarır

Şehir şebekesi elektriğini kullanarak yani basit elektrikli aletler gibi fişe takılarak şarj olabilen modellerine ise Plug-in hibrit ismi verilmiştir. Batarya şarj sıkıntısı çektiğinde içten yanmalı motor devreye girebildiği için menzil sıkıntısı çekmezler (Polat ve diğ., [15.10.2018]).



Şekil 3: Şarj Olabilir Hibrit Elektrikli Otomobil Genel Yapısı

Kaynak: U.S. Department Of Energy, How Do Plug-In Hybrid Electric Cars Work? [16.04.2019].

Şekil 3’de görülen şarj olabilir hibrit elektrikli otomobilin önemli parçaları aşağıdaki gibi açıklanmıştır (How Do Plug-In, [16.04.2019]):

- **Yardımcı Akü (Battery auxiliary):** Elektrikli bir araçta, yardımcı akü, çekiş aküsü takılmadan önce aracı çalıştırmak için elektrik sağlar ve ayrıca araç aksesuarlarına güç verir.
- **Şarj Portu (Charge port):** Şarj portu, çekiş aküsünü şarj etmek için aracın harici bir güç kaynağına bağlanmasına izin verir.
- **DC / DC Dönüştürücü (DC/DC converter):** Bu cihaz, çekiş akü paketinden yüksek voltajlı DC gücünü, araç aksesuarlarını çalıştırmak ve yardımcı aküyü şarj etmek için gereken düşük voltajlı DC gücüne dönüştürür.
- **Elektrik Jeneratörü (Electric generator):** Fren yaparken dönen tekerleklerden elektrik üreterek bu enerjiyi geri çekiş aküsüne geri aktarır. Bazı araçlar hem tahrik hem de yenileme fonksiyonlarını yerine getiren motor jeneratörlerini kullanır.
- **Elektrikli Çekiş Motoru (Electric traction motor):** Çekiş batarya paketinden gelen gücü kullanarak, bu motor aracın tekerleklerini çalıştırır. Bazı araçlar hem tahrik hem de yenileme fonksiyonlarını yerine getiren motor jeneratörlerini kullanır.

- **Egzoz Sistemi (Exhaust system):**Egzoz sistemi egzoz gazlarını motordan egzoz borusundan dışarı yönlendirir.
- **Yakıt Doldurucusu (Fuel filler):**Bu, depoya yakıt eklemek için kullanılan bir doldurucu veya "ağızlık" dır.
- **Yakıt Deposu (benzin) (Fuel tank (gasoline)):** Bu depo, motor tarafından ihtiyaç duyulana kadar araçta benzin depolar.
- **İçten yanmalı motor (bujili ateşlemeli) (Internal combustion engine (spark-ignited)):**Bu konfigürasyonda, yakıt hava ile birleştirildiği emme manifolduna veya yanma odasına enjekte edilir ve hava / yakıt karışımı bujiden bujiden ateşlenir.
- **Araç içi şarj cihazı (Onboard charger):** Şarj portu ile gelen AC elektriğini alır ve çekiş aküsünü şarj etmek için DC gücüne dönüştürür. Paketi şarj ederken voltaj, akım, sıcaklık ve şarj durumu gibi batarya özelliklerini izler.
- **Güç Elektroniği Denetleyicisi (Power electronics controller):** Bu ünite, çekiş bataryası tarafından sağlanan elektrik enerjisi akışını yönetir, elektrik çekiş motorunun hızını ve ürettiği torku kontrol eder.
- **Termal Soğutma Sistemi (Thermal system (cooling)):**Bu sistem motorun, elektrik motorunun, güç elektroniğinin ve diğer bileşenlerin uygun çalışma sıcaklığı aralığını korur.
- **Çekiş Aküsü (Traction battery pack):** Elektrik çekiş motoru tarafından kullanılmak üzere elektrik depolar.
- **Şanzıman (Transmission):** Şanzıman, tekerlekleri sürmek için motordan ve / veya elektrikli çekiş motorundan mekanik güç aktarır.

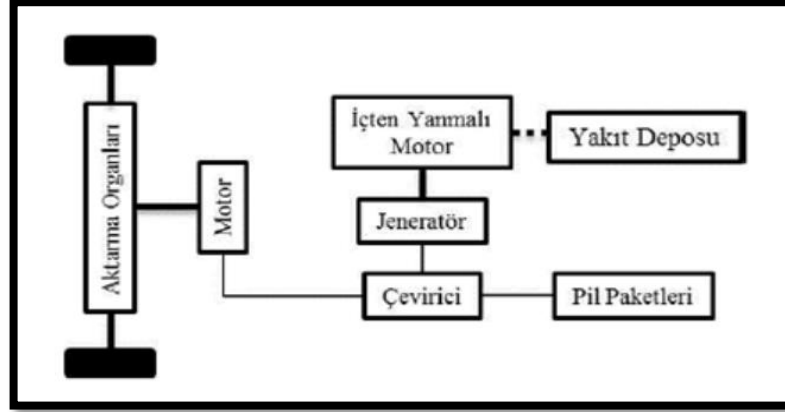
Hibrit modellere BMW İ8, HYUNDAİ İONİQ Hybrid, KIA Niro, LEXUS CT, TOYOTA YARİS Hybrid ve TOYOTA Prius örnek olarak gösterilebilir.

Hibrit elektrikli araçlar teknik olarak incelendiğinde *seri hibrit*, *paralel hibrit*, *seri-paralel hibrit* ve *kompleks hibrit* olarak 4 gruba ayrılırlar (Chan, 2002, 247-275).

2.2.2.1. Seri Hibrit

Hibritlerin en basit yapılı olan tasarımıdır. İçten yanmalı motorun ürettiği güç bir dönüştürücü yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülür (Chan, 2002, 247-275). Aracın düz yolda ilerlemesi ya da tırmanma esnalarında elektrik motoru tekerleklerin dönmesini sağlar. Eğer batarya dolu ise enerjisini bataryadan alır ancak dolu değil ise

içten yanmalı motor devreye girerek jeneratör yardımıyla boş olan bataryanın şarj olmasını sağlar. Böylece otomobil kendi kendini şarj etmiş olur. Diğer elektrikli araçlar gibi, frenleme esnasında geri kazanım sistemleriyle kaybolan enerji miktarı azaltılarak yakıt tasarrufu sağlar (Keskin, 2009, 12-20). Seri hibrit otomobil tasarımı şekil 4'teki gibi şematize edilmiştir:



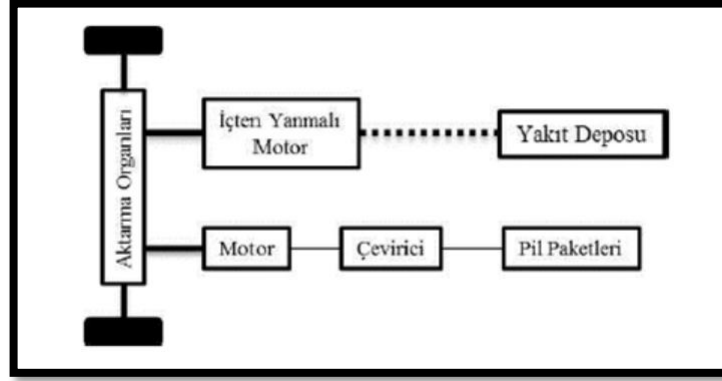
Şekil 4: Seri Hibrit Tahrik Sistemi

Kaynak: Düşmez, Şevket Berat. 2018. Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Araçlar İçin Bataryalar. **Kalkınmada Anahtar Verimlilik**.s.355.

2.2.2.2. Paralel Hibrit

Seri hibritten farklı olarak paralel hibritler hem içten yanmalı motor hem de elektrik motorunun tekerlekleri sürmek üzere paralel olarak güç vermesine olanak verir. Yani aktarım organına hem elektrik motoru hem içten yanmalı motor ayrı ayrı bağlandığından tekerleklerin dönmesi için gerekli olan itiş gücü opsiyonel olarak yalnızca elektrik motoru, yalnızca içten yanmalı motor veya her ikisi tarafından sağlanabilir. Seri hibritlere göre avantajı, daha küçük boyutlardaki motorların aynı performansı verebilmesidir. Uzun yolculuklar için seri hibritlerden daha avantajlıdır (Chan, 2002, 247-275). Olumsuz yönü ise, paralel hibritler de rejeneratif (geri kazanımlı) frenleme sayesinde enerji tasarrufu yaparlar ancak olumsuz sürüş koşulları gerçekleştiğinde bataryanın dışarıdan müdahale ile dolması gerekebilir (Keskin, 2009, 12-20).

Paralel hibrit otomobil tasarımı şekil 5'teki gibi şematize edilmiştir:



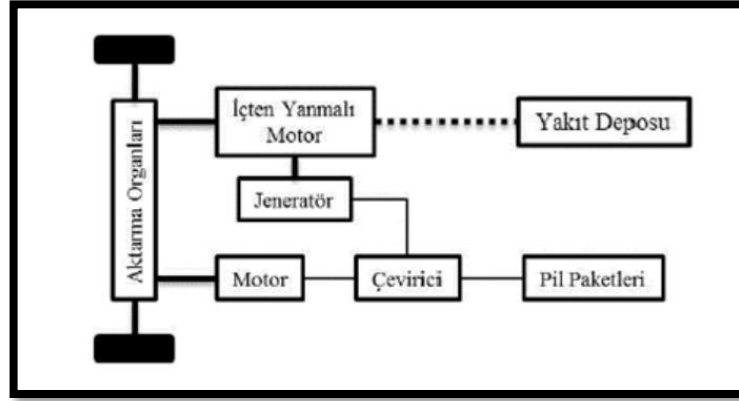
Şekil 5: Paralel Hibrit Tahrik Sistemi

Kaynak: Düşmez, Şevket Berat. 2018. Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Araçlar İçin Bataryalar. **Kalkınmada Anahtar Verimlilik.** Sayı.355.

2.2.2.3. Seri-Paralel Hibrit

Hem seri hem de paralel hibrit yapısını bir arada bulundurur. Ancak paralele kıyaslandığında ek bir mekanik bağlantı içerir. Hem seri hem paralel hibritin olumlu yönlerini bünyesinde bulundurması daha maliyetli ve daha karmaşık bir yapı olmasına sebep olmuştur (Chan, 2002, 247-275). İçten yanmalı motor hem motordan çıkan gücün tekerleklere iletildiği aktarım organını hem de elektrik motorunu tahrik eder. Jeneratörün ürettiği elektrik seri hibritlerdeki gibi bir bataryada depo edilir ve çevirici yardımıyla elektrik motorunu besler. Mantık olarak aracın hızı düşük seviyelerde olduğunda araç seri hibrit sistemlerindeki gibi çalışabilir, yüksek hız gerektiren durumlarda içten yanmalı motorun devreye girmesiyle paralel hibritler gibi çalışabilir (Tuncay, Üstün, 2004).

Seri-Paralel hibrit otomobil tasarımı şekil 6’teki gibi şematize edilmiştir:

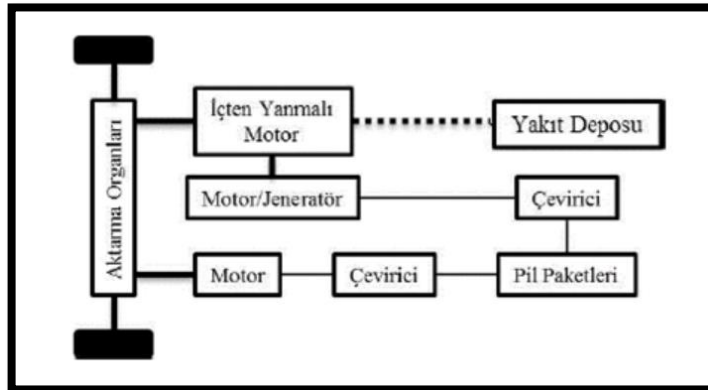


Şekil 6: Seri-Paralel Hibrit Tahrik Sistemi

Kaynak: Düşmez, Şevket Berat. 2018. Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Araçlar İçin Bataryalar. **Kalkınmada Anahtar Verimlilik.** Sayı.355.

2.2.2.4. Kompleks Hibrit

Seri paralel sisteme ek olarak yapısında bir jeneratör daha barındırır. “Seri paralel sistemdeki jeneratörün gerektiğinde motor gerektiğinde jeneratör olarak çalışan bir elektrik makinasıyla değiştirilmiş” olmasından dolayı sisteme kompleks hibrit denilmektedir. Seri paralel sistemin avantajlarını kullanır. Güç gereklilik seviyesine göre elektrik motoru veya içten yanmalı motor devrededir. Elektrik motoru içten yanmalı motorun çalışması için marş görevi görmek gibi görevler de üstlenebilir. (Tuncay, Üstün, 2004). Kompleks hibrit otomobil tasarımı şekil 7’deki gibi şematize edilmiştir:

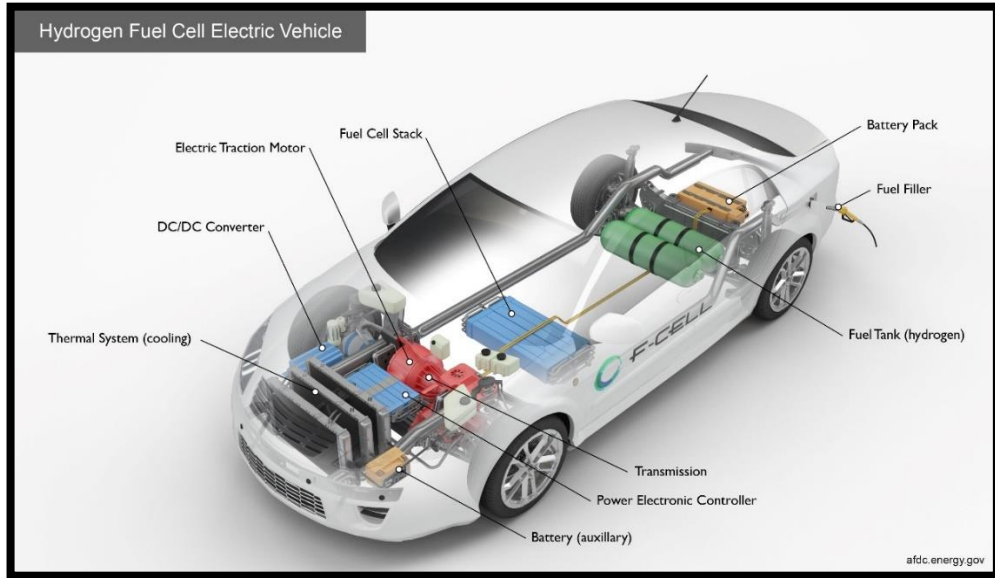


Şekil 7: Kompleks Hibrit Tahrik Sistemi

Kaynak: Düşmez, Şevket Berat. 2018. Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Araçlar İçin Bataryalar. **Kalkınmada Anahtar Verimlilik.** Sayı.355.

2.2.3. Yakıt Hücresi Elektrikli Otomobiller

Yakıt hücresinde kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülerek elektrik motorunun hareketi için gerekli enerjinin sağlanması mantığı ile çalışırlar (Guirong, Houyu, Fei, 2011, 439-443). Yani yakıt pili teknolojisi kullanılmaktadır. Uygun bir yakıt ile (çoğunlukla hidrojen) oksitleyicinin (oksijen yani basit düşünersek hava diyebiliriz) elektrokimyasal reaksiyonu sonucu elektrik ve üreten sistemler yakıt pili olarak adlandırılır. Hidrojen ve oksijenin tepkimesiyle ortaya atık olarak su çıkar bu yüzden oldukça çevrecidir (Yılmaz ve diğ., 2017, 185-192). Yakıt hücresi bataryalardaki gibi enerjiyi depolamak yerine, yakıt oldukça enerjiyi üretmeye devam eder (Chan, Chau, 2001, 168). Yakıt hücresi otomobillerde, uygun kullanım için basınç ve sıcaklıkları değişmekle birlikte, hidrojen depolamanın; sıkıştırılmış hidrojen gazı, sıvı hidrojen veya metal hidrit şeklinde üç yöntemi vardır (Chau, 2012, 13-24). Hidrojen dolum istasyonlarının yaygın olmayışı sebebiyle pek revaçta olmasa da gelecekte kullanımlarının artacağını söylemek yanlış olmayacaktır. Yakıt hücresi elektrikli otomobil yapısı şekil 8’de görülebilir.



Şekil 8: Yakıt Hücresi Elektrikli Otomobil Genel Yapısı

Kaynak: U.S. Department Of Energy, How Do Fuel Cell Electric Vehicles Work Using Hydrogen?[16.04.2019].

Şekil 8’de görülen yakıt hücresel elektrikli otomobilin önemli parçaları aşağıdaki gibi açıklanmıştır (How Do Fuel, [16.04.2019]):

- **Yardımcı Akü (Battery auxiliary):** Elektrikli bir araçta, yardımcı akü, çekiş aküsü takılmadan önce aracı çalıştırmak için elektrik sağlar ve ayrıca araç aksesuarlarına güç verir.
- **Akü Takımı (Battery pack):** Bu akü, rejeneratif frenlemeden üretilen enerjiyi depolar ve elektrikli çekiş motoruna ek güç sağlar.
- **DC / DC Dönüştürücü (DC/DC converter):** Bu cihaz, çekiş akü paketinden yüksek voltajlı DC gücünü, araç aksesuarlarını çalıştırmak ve yardımcı aküyü şarj etmek için gereken düşük voltajlı DC gücüne dönüştürür.
- **Elektrikli Çekiş Motoru (Electric traction motor (FCEV)):** Yakıt hücresinden ve çekiş aküsü paketinden gelen gücü kullanan bu motor, aracın tekerleklerini kullanıyor. Bazı araçlar hem tahrik hem de yenileme fonksiyonlarını yerine getiren motor jeneratörlerini kullanır.
- **Yakıt Hücresi Yığılı (Fuel cell stack):** Elektrik üretmek için hidrojen ve oksijen kullanan ayrı membran elektrotlarının bir araya getirilmesi.
- **Yakıt Doldurucusu Fuel filler:** Bu, depoya yakıt eklemek için kullanılan bir doldurucu veya "ağızlık" tır.
- **Yakıt deposu (hidrojen) (Fuel tank (hydrogen)):** Araçta yakıt hücresi tarafından ihtiyaç duyulana kadar hidrojen gazı depolar.
- **Güç elektroniği kontrol cihazı (FCEV) (Power electronics controller (FCEV))** Bu ünite, yakıt hücresi ve çekiş aküsü tarafından sağlanan elektrik enerjisi akışını yöneterek, elektrikli çekiş motorunun hızını ve ürettiği torku kontrol eder.
- **Termal sistem (soğutma) - (FCEV) (Thermal system (cooling) - (FCEV)):** Bu sistem, yakıt hücresi, elektrik motoru, güç elektroniği ve diğer bileşenlerin uygun çalışma sıcaklığı aralığını korur.
- **Şanzıman (elektrik) (Transmission electric):** Şanzıman, tekerlekleri sürmek için elektrik çekiş motorundan mekanik güç aktarır.

Yakıt hücresel modellere HYUNDAİ İ35 Fuel Cell, HYUNDAİ NEXO ve TOYOTA FCV örnek olarak gösterilebilir.

2.3. Elektrikli Otomobillerde Kullanılan Batarya Tipleri

Bataryalar elektrikli otomobillerin en önemli kısımlarından olmasının yanında otomobil fiyatlarının da yaklaşık %25-50 kadarını oluştururlar. Bu sebeple batarya üreticileri elektrikli otomobillerin oluşumundan itibaren performans artırıcı ve üretim maliyetini düşürebilecek gelişmeler için çaba göstermektedirler.

Günümüz elektrikli otomobillerinde geliştirilen teknolojiyle birlikte farklı enerji yoğunluklarına sahip çeşitli batarya tipleri ortaya çıkmıştır. Bunlar; kurşun asit piller, nikel kadmiyum piller, nikel metal hidrat piller, lityum iyon piller, lityum iyon polimer piller, lityum demir fosfat piller, lityum sülfür piller olarak sayılabilir (Muratoğlu, 2017).

Tekrar şarj edilebilen ikincil piller olarak da bilinen lityum iyon piller enerji yoğunluklarının yüksek oluşu, çevreci, uzun ömürlü, kolay bakımlı ve güvenli depolama sistemleri olmaları sebebiyle taşınabilir ev aletlerinden elektrikli otomobillere kadar geniş bir kullanım alanına sahiplerdir (Polat, Keleş, 2012, 42-48).

“Lityum İyon Pil Çalışma Prensibi: Tekrar şarj edilebilen lityum iyon pillerde, hücreler diğer pil sistemlerinde olduğu gibi enerjiyi üretmek ve depolamaktan birincil derece sorumlu üç ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar anot, katot ve elektrolit olarak sıralanabilir. Anot malzeme negatif elektrot, katot ise pozitif elektrot olarak görev alır. Pozitif elektrotlar genelde tünel veya tabakalı yapılara sahip metal oksitlerden (LiMOx) oluşurlar. Negatif elektrot malzemelerde tabakalı yapılara sahiplerdir. Bu yapılar sayesinde hücrenin/pilin şarjı ve deşarjı esnasında Li iyonları pozitif ve negatif elektrotları arasında karşılıklı olarak yer değiştirebilmektedir. Bu yer değiştirme (topotaktik) reaksiyonu olarak tanımlanır. Bu reaksiyonda aktif malzemeler anot ve katot olup lityum için ev sahipliği görevini görürler lityum ise misafir olarak bir elektrottan diğerine yer değiştirir (Polat, Keleş, 2012, 42-48).”

Üretim maliyetleri yüksek olsa da en yaygın kullanım lityum iyon pil teknolojisidir. Genellikle nikel içerikli pillerde görülen, kısmi şarj durumunda pilin çalışma performansını azaltıcı etkiler oluşmasına sebep olan ve hafıza etkisi olarak isimlendirilen olumsuz durum, lityum iyon pillerde yaşanmaz. Basitçe açıklamak gerekirse; lityum iyon pillerde hafıza etkisi olmadığından, tekrar tekrar şarj durumunda, yani tamamen boşalmadan tekrar şarj olması durumunda maksimum enerji kapasitesini kademeli olarak kaybettiğinden, yaşam ömrü uzundur. Ayrıca diğer

alternatiflerine kıyaslandığında yüksek enerji yoğunluğu ve batarya hücresi başına artırılmış güce sahip olması sebebi ile tercih edilmektedir. Lityum iyon pillerin dezavantajı ise kullanım ömrü ve kullanımdaki güvenlik ile birlikte enerjik performansları etkileyebilecek yüksek çalışma sıcaklıklarına sahip olmasıdır. Bu sebeple iç hücre sıcaklığını yönetecek ve kontrol edecek batarya yönetim sistemlerine ihtiyaç duyarlar (Iclodean ve diğ., 2017,1-10).

Lityum iyon pillerin en uygun çalışma sıcaklıkları 20°C ile 30°C arasındadır. Ve bataryaların verimli çalışabilmesi için bu sıcaklıkların altında saklanmalı ancak dondurulmamalıdır. Bir diğer husus da tam şarjlı olarak saklanmamaları gerekliliğidir. Lityum iyon piller yüksek sıcaklıklarda ve aşırı şarj edildiklerinde yıl içinde kapasite kayıpları yaşamaya başlayacaktır. Bataryanın kapasite kaybı yaşamasını önlemek veya öteleyebilmek için tamamen boşalıp tamamen şarj olması önlenmelidir. Öngörülen kapasite kayıplarını tablo 1 yardımıyla anlatmak mümkündür (Garche, Kurzweil, 2017, 27-96).

Tablo 1: Lityum –İyon Pillerin Sıcaklığa Bağlı Olası Verim Kayıpları

	%100 Şarj	%50 Şarj
0°C	6	2
25°C	20	4
40°C	35	15
60°C	40	25

Tam şarj ve yarım şarj durumlarında 1 yıl saklanan lityum iyon pilin değişik sıcaklıklara bağlı olarak kapasite kayıplarının %2 ile % 40 arasında değiştiğini söyleyebiliriz.

2.4. Elektrikli Otomobil Şarjı

Elektrikli araçların şarj sistemlerinin iki temel görevi vardır:

- Aracı kısa sürede şarj etmek
- Şarj ederken pillere ve monitörlere zarar vermemek

Elektrikli otomobil elektrik olan her yerde şarj olabilir ancak asıl önemli olan ne kadar hızlı şarj olduğudur.

Bir elektrikli otomobilin şarj mekanizmasını anlayabilmek için öncelikle elektrik akımları hakkında az da olsa bilgi sahibi olmamız gerekmektedir. Elektrik üretiminde doğru akım (DC) ve alternatif akım (AC) olmak üzere iki tür akım vardır. Elektrik şebekelerinden günlük yaşamda kullandığımız aletleri çalıştırabilmesi için prize verilen elektrik alternatif akımdır. Otomobil bataryalarında depolanan enerji için uygun format ise doğru akımdır. Şu durumda araçların şarj olabilmesi için şebekeden alınan alternatif akımın doğru akıma dönüştürülmesi gerekmektedir. Elektrikli otomobillerde bu dönüşümü sağlayan cihazlara ise “charger” ismi verilir. Otomobillerin şarj dolum süreleri charger’ların çevirebildiği güç miktarına bağlıdır. Günümüz teknolojisinde elektrikli otomobilleri AC tipi şarj üniteleri ve DC tipi şarj üniteleri ile 2 türlü şarj etmek mümkündür. Ancak bu aracın üzerindeki teknik donanıma göre değişmektedir. Günümüz seri üretim elektrikli otomobil modellerinin tümü, Tesla dışında, AC şarj istasyonundan bataryalarını şarj edebilmektedirler. Tesla ise, kurulumunu da kendisinin gerçekleştirdiği Supercharger şarj istasyonları ile DC olarak şarj işlemini gerçekleştirebilmektedir (Elektrikli araç şarj yöntem ve istasyon tipleri, [08.08.2018]). Yeni geliştirilen uyumlu şarj istasyonları sayesinde tüm otomobillerin DC hızlı şarj yöntemleri ile şarj olabilmesi mümkün hale gelmeye başlamıştır.

2.5. Şarj Standartları

Elektrik enerjisi denildiğinde güç, enerji, amper, volt gibi teknik kavramları basitçe özetlemek faydalı olacaktır; bir elektrikli aracın hareket etmesi için gerekli olan enerji kwh cinsinden (kilowattsaat) ölçülür. Bataryalarda belirtilen kapasiteler bu enerji değerleri ile ilgilidir. Örneğin Tesla Model S’in bataryası 100 kwh buna bağlı olarak menzil uzaklığı 506 km olarak belirlenmiştir. Güç ise aracı fişe taktığımızda şebekeden verilen elektriğin ölçüsüdür. Watt ile ölçülür ve elektriksel güç=elektrik akımı (amper) * elektriğin potansiyeli (voltaj) olarak formülize edildiğinden bir şarj istasyonunun sağlayacağı güç şebekeden dağıtılan elektriğin gerilimine ve akım şiddetine bağlıdır (Şarj etmek, [10.10.2018]).

Otomobillerdeki donanımlara ve şarj istasyonu standartlarına bağlı olarak çeşitli şarj istasyonu tipleri gelişmiştir. Ülkelerin geliştirmiş oldukları farklı standartlar vardır demek de yanlış olmayacaktır. Bunların en bilinenleri Uluslararası Elektrik Komisyonu (IEC) Avrupa’nın (Türkiye bu komisyondadır) 61851 ve 62196

standartları, ABD Otomobil Mühendisleri Derneği (SAE)'nin J1772 standardı, CHADEMO 'nun DC hızlı şarj standardıdır. Her kuruluşun standardı ve priz tipleri farklı olduğundan araçların istasyonlara erişim oranları düşmektedir. Örneğin Japon üreticilerden Nissan, Mitsubishi, Subaru ve Toyota CHAdEMO standardını benimserken, Avrupa ve ABD'li üreticilerden BMW, General Motors, Ford ve Volkswagen CHAdEMO'ya karşı olmaları tek faz, üç faz şeklinde adlandırılan değişik priz tipleri oluşumuyla sonuçlanmıştır. Araçların belirli bir priz tipinden çok, diğer tipleri de destekleyen sistemlerle donatılması üreticiler için de ek maliyet anlamına geldiğinden kullanıcıları olumsuz yönde etkileyen bir durumdur. Elektrikli araç piyasasının gelecek dönemde tek bir priz tipinde anlaşacağı öngörülmektedir (Polat ve diğ., [15.10.2018]).

2.5.1. IEC Uluslararası Şarj Standartları

Ülkemizdeki elektrik altyapısı uyumlu olduğundan dahil olduğumuz Uluslararası Elektrik Komisyonu'nun belirlediği standartları şöyle açıklayabiliriz: IEC, 162 ülkeyi ve 10 000 uzmanı bir araya getirerek, toplu olarak "elektroteknoloji" olarak bilinen tüm elektriksel, elektronik ve ilgili teknolojiler için Uluslararası Standartlar hazırlayan ve yayınlayan dünyanın önde gelen kuruluşudur. IEC Uluslararası Standartları, elektrikli veya elektronik cihazların dünyanın her yerinde birbirleriyle verimli ve güvenli bir şekilde çalışmasını sağlayan küresel olarak ilgili teknik özellikleri ve ölçümleri içerir. IEC çalışması, Akıllı Şebekeler de dahil olmak üzere elektrikli otomobillerden, yenilenebilir enerjiden, elektrik üretiminden, iletim ve dağıtımdan ev aletleri ve ofis ekipmanlarına, pillere, nanoteknolojiye, iletişim protokollerine kadar çok sayıda teknolojiyi kapsamaktadır. IEC tüm uygunluk değerlendirme formlarını destekler ve ekipman, sistem veya bileşenlerin Uluslararası Standartlarına uygun olduğunu onaylayan Uygunluk Değerlendirme Sistemlerini yönetir. IEC Uluslararası Standartlar seti IEC 62196-1 ve IEC 62196-2 olmak üzere yeni geliştirdikleri iki standartla elektrikli otomobilleri şarj etmek için fişleri ve soketleri tanımlar. Bu IEC standartları, farklı ülkelerdeki farklı elektrik altyapıları ve düzenlemelerini ele alırken, dünyanın dört bir yanındaki elektrikli araç şarj mekanizmalarını çevreleyen çok çeşitli araştırma ve geliştirme hacmini bir araya getirmektedir. **IEC 62196-1** genel gereklilikleri içerirken, **IEC 62196-2** Tip 1, 2 ve 3 olarak bilinen üç tip şebeke bağlantı sistemini standartlaştırır. Her bir ülkedeki elektrik altyapısına ve düzenleme koşullarına bunlardan hangisi uygunsa o yöntem kullanılır. Bu standartlar, bir

elektrikli aracı bir güç kaynağından şarj etmenin dört modunu tanımlayan **IEC 61851-1** üzerine kuruludur. **1'den 3'e kadar olan modların** bir elektrikli aracın bir şebeke kaynağına doğrudan bağlanarak **üç ila on saat arasında tamamen şarj** edilmesine izin verdiği tahmin edilmektedir. **Mod 4 (DC hızlı şarj)**, bir elektrikli otomobili on dakikadan kısa bir sürede tam olarak şarj edebilir, ancak şebeke dışı aküler kullandığından, uygulanması en pahalıdır. Yeni genel IEC 62196-1 standardı bu modların dördüne uygulanırken, IEC 62196-2 yalnızca şebeke şarjı için geçerlidir (Mod 1 ila 3). DC şarjını standartlaştırmak için üçüncü bir standart olan **IEC 62196-3** geliştirilmektedir (Mod 4). Ek olarak, IEC 61851-1, elektrikli araçları şarj etmek için kullanılacak üç kablo ve fiş kurulumunu tanımlar. Bunlar; kablonun elektrikli araca kalıcı olarak bağlandığı Durum A; Kablonun hiçbir şeye kalıcı olarak bağlanmadığı Durum B; ve kablonun şarj istasyonuna kalıcı olarak bağlandığı Durum C olarak adlandırılır (IEC, [25.03.2019]).

2.5.2. CHAdeMO Şarj Standartları

CHArge de MOve'un kısaltması olan CHAdeMO, ismini Japonca “O cha demo ikaga desuka” cümlesinden alır. Anlamı “ şarj edilirken bir bardak çay içelim” olan bu standart ilk küresel hızlı şarj protokolüdür. CHAdeMO 6kw ile 200 kw arasında değişen değerlerde şarj sağlayabilmektedir. Daha çok Japon üreticiler tarafından tercih edilse de Avrupa'da temsilcilikleri de kurulmuştur. Elektrikli araçların hızlı şarj olabilmesi menzil endişesini ortadan kaldıracığından elektrikli araçların popüleritesi artacaktır (What is CHAdeMO?, [25.3.2019]).

2.5.3. SAE Şarj Standartları

SAE ise CHAdeMO standartlarına bağlı kalmak istemeyen (Society of Automotive Engineers) Amerikan Otomobil Mühendisleri Derneği tarafından geliştirilmiş CCS (Combo Charging System) kombo şarj sistemi anlamına gelen şarj standartlarının adıdır. SAE J1772 komitesi hızlı bir şarj sistemi geliştirmekle görevlendirildiğinde, temel olarak mevcut J1772 fişini aldı ve yüksek güçlü DC için iki büyük pim (pim: elektriğin prizden iletilimini sağlayan, fişin ucundaki metal silindirik çubuklar) ekledi. Üst kısım ABD'de kullanılan sıradan J1772 fişidir ve alt kısım iki DC güç pimidir. J1772 komitesinin CCS'yi geliştirmesinin sebepleri arasında otomobil üreticilerinin yeniden şarj etmek için otomobilin şasesinde yalnızca bir delik (veya daha küçük bir delik) kullanarak daha fazla tasarım özgürlüğü sağlamak istemesi ve şarjı kontrol

etmek için akıllı şebeke protokollerini kullanmak istemesi vardır. Ayrıca şarj kablosu CHAdeMO'dan daha hafiftir ve kullanımı kolaydır. Ekim 2011'de, yedi otomobil üreticisinden oluşan bir konsorsiyum (Audi, BMW, Daimler, Ford, General Motors, Porsche ve Volkswagen) kombo şarj sistemine destek vermeyi kabul ettiğini açıklamıştır. Sistem ABD'de J1772 fişi ile uyumlu, Avrupa'da ise IEC 62196 Tip 2 fişini temel almaktadır. Bu yaklaşım aynı zamanda elektrikli aracın gelecekteki akıllı şebeke uygulamalarına entegrasyonunu da kolaylaştıracaktır (Herron, 2017).

2.6. Şarj İstasyonu Tipleri

2.6.1. Yavaş Şarj İstasyonu

Elektrikli aracın pilleri oldukça düşük bir şarj akımıyla, yaklaşık 15 A -250V ile şarj edilebilir yani yaklaşık 3.75 kw bir güçle şarj olur ve şarj süresi altı saatten fazla sürebilir. İlgili şarj cihazının işletme ve montaj maliyetleri göreceli olarak düşüktür çünkü ilgili güç ve akım değerleri kritik değerlerde değildir. Bu şarj akımı genellikle şarj verimliliğini arttırmak ve pil ömrünü uzatmak için fayda sağlar (Yağcıtekin, Uzunoğlu, Karakaş, 2011, 316-320).

2.6.2. Normal Şarj İstasyonu

Elektrikli aracın pilleri 30-60 A'lık bir orta akımla şarj edilebilir ve şarj süresi 3-6 saat olarak öngörülebilir. İlgili şarj cihazının işletim ve montaj maliyetleri, şarj ekipmanını yükseltme zorunluluğu nedeniyle yavaş şarj akımı için nispeten yüksektir (Chan, 2002, 247-275).

Daha çok otoparklar, alışveriş merkezleri, piknik alanları gibi uzun süreli park edilen bölgelerde tercih edilen şarj tipleridir (Yağcıtekin, Uzunoğlu, Karakaş, 2011, 316-320).

2.6.3. Hızlı Şarj İstasyonu

Elektrikli araç pilleri, normal ve orta şarj akımını kullanmanın aksine 150-400 A yüksek şarj akımına bağlı olarak kısa sürede şarj edilebilir; buna karşılık gelen şarj cihazı nispeten düşük şarj verimliliği sunar. Kesinlikle, ilgili işletme ve montaj maliyetleri yüksektir (Chan, 2002, 247-275).

Enerji ihtiyacının acil olduğu, trafiğin yoğun olduğu veya dinlenme tesisleri gibi yerlerde kullanılır. Genel olarak park sürelerinin yarım saatten az olduğu alanlar olarak

düşünülebilir. Ortalama güç değerleri 50-150 kw arasında değişmektedir (Yağcıtekin, Uzunoğlu, Karakaş, 2011, 316-320).

DC Hızlı Şarj şu anda mevcut olan en hızlı (en güçlü) elektrikli otomobil şarj sistemidir. Şarj istasyonu, arabadaki diğer şarj ekipmanlarını atlayarak, aracın aküsüne 120 kiloWatt'a kadar yüksek güçte bir DC akımı sağlar.

2.6.4. Batarya Değişim İstasyonu

Aracın boşalan bataryasının 3 dakika gibi kısa sürelerde dolu batarya ile değiştirilmesini öngören sistemdir. Boşalan bataryaların depolanma sıkıntısı ve yetkili personel gerekliliği gibi altyapı problemleri sebebi ile yaygınlaşmamaktadır.

2.6.5. Supercharger

Özel olarak elektrikli otomobil dünyasının önde gelen isimlerinden Tesla Motors'un kendi araçları için geliştirdiği hızlı şarj istasyonlarından bahsetmek gerekmektedir. Şarj için doğru akım kullanan istasyonların güneş enerjisi ile enerjisini üreten versiyonları tasarlanmaktadır. Bir Supercharger istasyonunda Tesla marka otomobil, 120 kiloWatt hızında DC hızlı şarj alabilir. Aşağıda güneş enerjisi ile çalışan bir Tesla Supercharger İstasyonu görebilirsiniz:



Şekil 9: Tesla Supercharger İstasyonu

Kaynak: TESLA. Supercharger Technology. [25.03.2019].

Kullanıcılarına mobil uygulama üzerinden istasyon bilgisi verebilen süper şarj cihazları, hızlı enerji verir ve pil doldukça bataryayı koruyabilmek için dolun hızı yavaş yavaş yavaşlar. % 80'in üzerinde şarj işlemi tipik olarak gerekli değildir. Tesla kendi otomobillerini her türlü cihazla şarj olabilecek şekilde tasarlar ancak diğer firmaların supercharger kullanmalarına olanak vermez. Biraz detaylandırırsak; Tesla

mobil şarj ünitesi, 120 voltluk 12 amperden, 240 voltluk 50 ampere kadar her türlü priz için uygun adaptörlerle birlikte gelir. Yani bir adaptör aracılığıyla, J1772 şarj istasyonlarına bağlanabilir. Ayrıca Tesla Motors bir Model S / X sahibinin bir CHAdeMO istasyonunda şarj olmasını sağlayan bir ek adaptör de sunar. Ancak Tesla Motors, CHAdeMO veya CCS otomobil sahiplerinin, bir Supercharger istasyonunda şarj olmalarına izin veren herhangi bir adaptör satmamaktadır (Herron, 2017).

2.6.6. Yeşil Şarj İstasyonu

Küresel ısınmaya sebep olan ve insan aktiviteleri sonucu oluşan sera gazlarının başlıcaları karbondioksit CO₂, metan (CH₄) azot oksit (N₂O) ve flor gazlarıdır (Global Emissions by Gas, [14.03.2019]). İklim değişikliklerine sebep olan bu gazların yayıldığı sektörlerin başında ulaşım sektörü geliyorsa da elektrik üretim santralleri de çevreyi oldukça kirleten yapılardır. Şarj dolumu için gereken enerjiyi elektriğin geleneksel yöntemlerle üretildiği elektrik şebekelerinden karşılamak yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından üreten bu istasyonlar çevreci olduklarından yeşil olarak adlandırılmaktadır. En yaygın olanı güneş enerjisi kullanılan yöntemlerdir. Genel anlamda güneş enerjisi kullanımı güneş panellerinde üretilen elektriğin (DC), dönüştürücü yardımı ile günlük yaşamda kullandığımız elektrik formuna (alternatif akıma) getirilmesidir. Ancak batarya şarj etmek istediğimizde güneş panelleri kullanarak çalışacak olan sistemin mantığı: panellerde üretilen elektrik doğru akım olacağından direkt olarak araca verilmesine dayanır (Güneş Enerjisi ve Teknolojileri, [30.09.2018]).

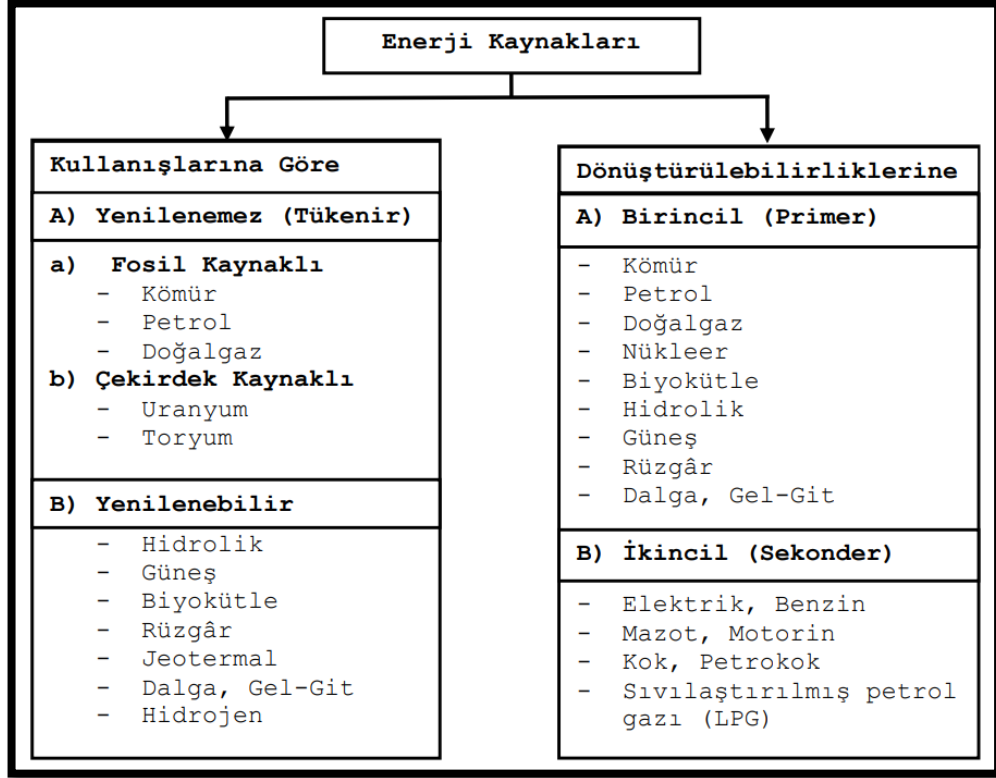
2.7. Neden Yeşil Şarj?

2.7.1. Enerji Kaynakları

Günümüzde artan enerji talebi, mevcut enerji kaynaklarının azalmaya başlaması ve fosil yakıtlardan çıkan zararlı gazlar (en başta karbondioksit) sebebi ile çevre kirliliğinin ve küresel ısınmanın artması ülkeleri yeni enerji kaynakları arayışına itmiştir.

Enerji kaynakları *yenilenebilir-yenilenmeyen* enerji kaynakları ile *birincil-ikincil* enerji kaynakları olmak üzere bilimsel olarak iki temel şekilde incelenmektedir. Genel olarak; kullanıldıkça rezervlerinde azalma olan, tükenen kaynaklara *yenilenmeyen enerji kaynakları*, kullanım sonunda rezervlerinde değişiklik olmayan, kendini

tamamlayabilen kaynaklara *yenilenebilir enerji kaynakları*, hiçbir dönüşüme uğramadan direkt olarak enerji sağlayan kaynaklara *birincil enerji kaynakları*, enerjiyi elde etmek için birtakım işlemlerden geçen kaynaklara *ikincil enerji kaynakları* denilmektedir. Aşağıdaki şekil 10’da enerji kaynaklarının detaylı olarak örneklerini görmek mümkündür.



Şekil 10: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Kaynak: Kaya Kadir, Mahmut Can Şenel, Erdem Koç. 2018. Dünyada Ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi. Technological Applied Sciences. C.13.S.3: 219-234.

2.7.1.1. Yenilenmeyen Enerji Kaynakları

Çoğunlukla fosil yakıtların kullanılması sonucu elde edilen enerji şeklinde, enerjinin kaynağı zaman içerisinde rezervlerinde azalma yaşadığından yenilenmeyen, tükenebilir enerji şeklinde adlandırılır. Fosil yakıtlar elektrik, ısı üretimi, karayolu-havayolu gibi elektriksiz ulaşım sektöründe kullanıldığı şekliyle doğrudan, sanayi, konut harcamaları veya ticari sektörler sebebiyle dolaylı yoldan karbondioksit emisyonuna sebep olmaktadır (Işık, Kılınç, 2014).

2.7.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynaklarını Amerikan Enerji Bilgi İdaresi'ne (U.S. Energy Information Administration-IEA) göre güneş, rüzgar, biyokütle, jeotermal ve hidrolik enerji kaynakları olarak 5 ana sınıfa ayırabiliriz (What is Renewable Energy, [20.03.2019]).

2.7.1.2.1. Hidro Enerji

Hareket halindeki suyun -akan veya yüksekten dökülen- taşıdığı kinetik ve potansiyel enerjilerin mekanik ve elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle elde edilen enerjiye hidrolik enerji denilmektedir. Hidroelektrik santralleri (HES) vasıtasıyla elektrik enerjisi üretimi yaygın bir yöntemdir. Hidrolik enerji fosil yakıtlar kullanarak enerji üreten termik santrallerle kıyaslandığında hem daha masrafsız hem de çevrecidirler (Oral, Behçet, Aykut, 2017, 29-38). HES'ler için çeşitli sınıflandırmalar yapılmaktadır ancak en genel olarak; *geleneksel HES* ve *Pompaj Depolamalı HES*'ler olarak ikiye ayrılır. Geleneksel HES'leri yine kendi içinde depolama yapılarına göre, düşülerine göre (suyun döküldüğü yükseklik), kurulu güçlerine göre (üretilen enerji potansiyeli miktarı), ulusal elektrik sisteminin gücünü karşılamaya destek potansiyeline göre, baraj gövdelerinin tipine göre, santral binasının konumuna göre ayrı ayrı sınıflandırabilmek mümkündür. Örneğin; hidroelektrik santralleri suyu depolama yapılarına göre incelediğimizde, depolamalı santraller (rezervuar tipi) ve nehir tipi (regülatör) santraller olarak daha da ayrıntılandırılabilir (Hidroelektrik Enerjisi Nedir?, [27.3.2019]). Suyun enerji potansiyeli nehir tipi santrallerde yağış rejimine bağlı olarak değiştiğinden sürekli yağış alan yerlerde kurulması uygundur (Oral, Behçet, Aykut, 2017, 29-38). Depolamalı santrallerde ise böyle bir durum söz konusu değildir. Elektrik enerjisi üretimine ek olarak; taşkınları önleme, bölgesel sulamaya destek, balıkçılık faaliyetleri gibi faydaları vardır. İlk kez 1890'larda İtalya ve İsviçre'de kullanılmaya başlayan Pompaj Depolamalı HES'lerin kuruluş amacı ise rezervuarlı HES'lerin yetersiz kaldığı durumlarda pik talebinin¹ karşılanabilmesidir (Hidroelektrik Enerjisi Nedir?, [27.03.2019]).

Ülkemizde çok sayıda baraj ve üzerlerinde kurulu HES vardır. 1983 yılında sulama ve enerji sağlama amacıyla inşasına başlanan, 1992'de işletmeye açılan ATATÜRK

¹ Elektrik tüketimi günün saatlerine ve hatta mevsimlere göre farklılıklar gösterir. Tüketime yoğun olduğu saatlere "pik talebi" denilmektedir.

Barajı Türkiye’deki hidroelektrik santrallerinin ürettiği enerjinin %20’sini karşılayacak kapasitededir. Dünyanın en büyük 6. barajı olan ATATÜRK Barajı, HES olarak incelendiğinde dünyada yapımı sürenler arasında 3.sırada, tamamlananlar arasında ise 5. En büyük hidroelektrik santralidir (Atatürk Barajı, [27.03.2019]).



Şekil 11: Atatürk Barajı

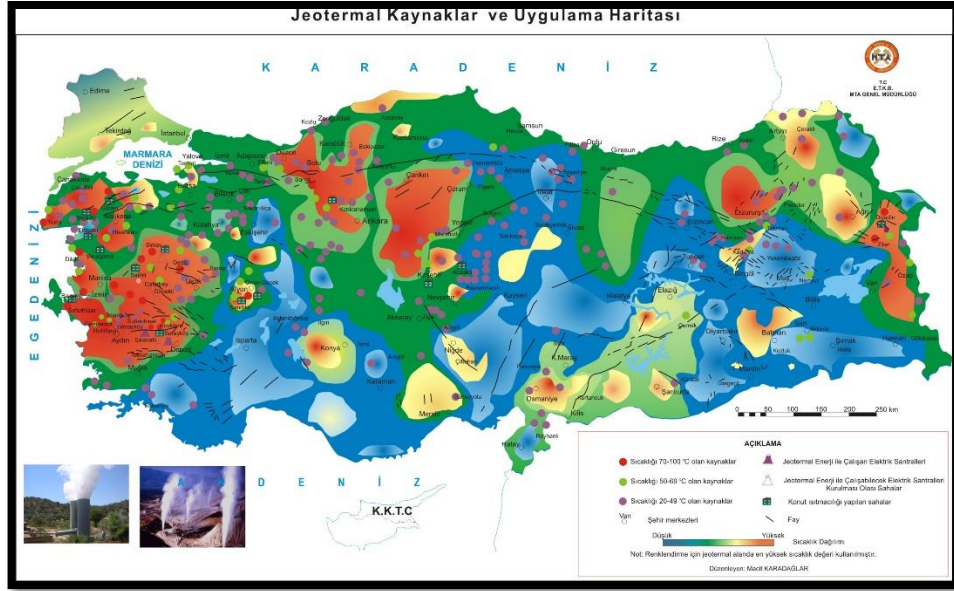
Kaynak: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Baraj Resimleri. [27.03.2019].

HES’ler enerji üretimleri sırasında herhangi bir emisyon üretmediklerinden temiz enerji olarak sayılmaktadır ancak kuruldukları çevrede büyük miktarlarda suyun toplanması sonucu bölgesel iklimsel değişikliklere sebep olabilmektedir. Dünya Doğayı Koruma Vakfı WWF Türkiye (World Wide Fund for Nature) bu konuya dikkat çekmiştir. Küresel ısınma sebebiyle su kaynaklarının azaldığı şu günlerde; var olan suyumuzun dikkatli kullanılması gerekliliği, inşaları esnasında nehirlerde ve nehir çevrelerinde yaşayan canlıların doğal ekosisteminin bozulması gibi çevreye zararları da vardır. Ülkemizdeki kurulu HES’lerin 303 adet, 17.372 MW kurulu güce sahip olduğunu, inşa halinde olan 1340 HES projesinin bittiğinde ise toplam kurulu gücün 30.125 MW’ye çıkaracağını ancak çevreye olumsuz etkilerinin faydalarından daha çok olacağını, olumsuz etkilerin azaltılarak sürdürülebilir HES kurulumları yapılması gerektiğini belirtmiştir (Yenilenebilir Enerjinin Sürdürülebilirliği, [04.05.2019]).

2.7.1.2.2. Jeotermal Enerji

Kelime anlamı olarak yer ısısı anlamına gelen jeotermal enerji yerkürenin çeşitli katmanlarında oluşan iç ısının yüzeye çıkmasıyla elde edilen enerji şeklidir. Ülkemizin jeotermal enerji kapasitesi coğrafik konum olarak aktif bir tektonik kuşakta olması

sebebiyle bir hayli yüksektir. Şekil 12’de gösterilen, jeotermal enerji bakımından zengin bölgelerimizin haritasında görüleceği üzere yoğunluk batı Anadolu bölgesindedir.



Şekil 12: Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası

Kaynak: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. Enerji Haritaları. [30.04.2019].

Ülkemizde jeotermal enerji kullanarak elektrik üretimi hususunda ilk uygulama 1975 yılında Kızıldere Santrali’nde yapılmıştır. Dünya’da jeotermal enerji üretiminde ilk beş ülke ABD, Filipinler, Endonezya, Türkiye ve Avustralya’dır (Jeotermal Enerji, [20.03.2019]).

2.7.1.2.3. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar, dünya yüzeyinin güneş tarafından dengesiz bir şekilde ısınmasından kaynaklanır. “Denizlerin ve havanın farklı ısınması bir basınç farkı oluşumuna, bu basınç farkı ise havanın hareketine neden olmaktadır (Koç,Kaya, 2015, 36-47)”. Dünyanın yüzeyi farklı türdeki toprak ve sulardan oluştuğundan, güneşin ısıısını farklı oranlarda emer. Bu dengesiz ısıtmanın bir örneği günlük rüzgar döngüsüdür. Gün boyunca, toprağın üstündeki hava, su üzerindeki havadan daha hızlı ısınır. Karadaki sıcak hava genişler ve yükselir ve daha ağır, daha soğuk hava yerini almak için acele eder ve rüzgar oluşturur. Geceleri rüzgarlar tersine çevrilir, çünkü hava karada sudan daha hızlı soğur. Aynı şekilde, dünyayı çevreleyen atmosferik rüzgârlar yaratılır,

Çünkü yerin ekvatoruna yakın topraklar, Kuzey Kutbu ve Güney Kutbu yakınlarındaki topraklardan daha sıcaktır (Wind, [20.03.2019]).



Şekil 13: Rüzgar Trbnleri

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Rüzgar. [30.04.2019].

Günümüzde rüzgardan enerji üretimi rüzgar enerji santralleri ile sağlanmaktadır. Rüzgar trbnleri hareket halindeki havanın kinetik enerjisini öncelikle mekanik enerjiye ve sonrasında elektrik enerjisine dönüştürerek enerji üretiminde kullanılmaktadır (Rüzgar Enerjisi, [20.3.2019]).

2.7.1.2.4. Biyoktle Enejisi

TDK’ya göre Fransızca bio ve arapça kutle köklerinin birleşiminden oluşan biyoktle terimi belirli bir zamanda sınırları belirli bir biyolojik ortamdaki canlı organizmaların toplam kütlesi anlamına gelmektedir. 100 yıldan daha kısa süre içinde kendini yenileyebilen; bitkiler (ayçiçek, pamuk gibi yağlı tohum bitkileri, patates, buğday, mısır gibi karbonhidratça zengin bitkiler) kabuk dal yaprak gibi bitkisel atıklar, hayvansal atıklar, orman ürünleri ve kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler olarak da tanımlanan biyokütlenin; kolay, her yerde retilbilmesi, evre kirliliği oluşturmaması, depolanabilir olması gibi özellikleri biyoktle enerjisinin geleceğin enerji kaynakları arasında görülmesini sağlamıştır. Biyokütleden elde edilen enerji ısı, elektrik ve yakıt olarak kullanılabilmektedir (Kapluhan, 2014, 97-125). Biyokütleden katı, sıvı ve gaz olarak elde edilebilen yakıtların en yaygın olanları biyodizel ve biyoethanoldr. Taşıtlarda kullanımı sera gazı emisyonlarını azaltmaya yardımcı olmaktadır (Sabancı ve diğ, [20.04.2019]). Biyokütleden elde edilen enerji, enerji güvenilirliğini sağlamak, dışa bağlılığı azaltmak ve CO2 emisyonunu düşürmek için yenilenebilir enerji kaynakları arasında yükselen bir trend göstermektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığımızın bilgilendirmesinde (Biyoktle, [27.03.2019]); Türkiye’nin biyoktle atık potansiyeli yaklaşık olarak 8,6 milyon ton petrole,

üretilebilecek biyogaz miktarının da yaklaşık 2 milyon ton petrole eşdeğer olduğu, 811 MW kurulu güce sahip biyokütle kaynaklı elektrik üretim santralimizde 2018 yılında 3.216 GWh elektrik üretimi gerçekleştiği belirtilmiştir. Ülkemizde yerel belediyelerin birçoğu tarafından verilmeye çalışılan, evlerden atık yağ toplama hizmeti, biyokütle enerjisi kullanımını artırarak çevreyi korumaya yönelik uygulamalar arasında gösterilebilecek sevindirici gelişmeler arasındadır.

2.7.1.2.5. Güneş Enerjisi

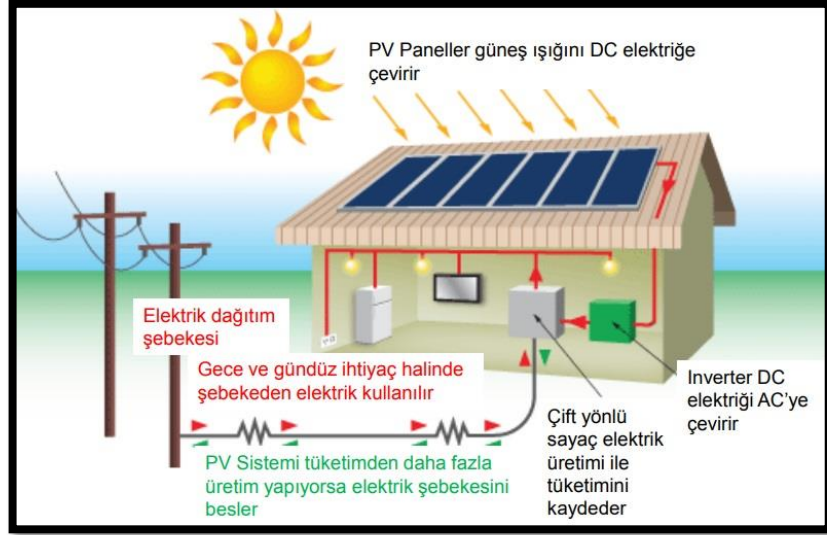
Güneş enerjisinin tanımı “Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ısıma enerjisidir” (Güneş Enerjisi ve Teknolojileri, [20.03.2019]) şeklinde yapılabilir.

Güneş enerjisinin bu kaynaklar arasında özel bir yeri vardır çünkü bir yılda güneşten elde edilecek enerji miktarının, bilinen kömür rezervlerinin yaklaşık 50 katına, petrol rezervlerinin ise 800 katına denk geldiği bilinmektedir. Ülkemizin güneş enerjisi potansiyelini inceleyen araştırmalar ise güneşten enerji üreten ülkeler arasında 1. sırada olan Almanya’dan bile daha çok potansiyele sahip olduğumuzu göstermiştir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nün yaklaşık 30-40 yıllık gözlemlere dayanarak oluşturduğu raporlara göre yıllık ortalama 1000-1500 kwh/m2 olarak belirlenen potansiyelimiz yıllık tükettiğimiz enerji miktarının yaklaşık 10000 katından fazladır (Dinçer, 2011, 8-17). Enerji kaynaklarının dünyamız için en zararsız ve en cömerti şüphesiz ki Güneş’tir. Güneş sisteminin merkezinde yer alan, orta büyüklükte bir yıldız olan Güneş; tükenmez bir enerji kaynağıdır. Burada güneş enerjisinden elektrik nasıl üretilir sorusu akıllara gelmektedir.

Tarihi milattan önceye kadar dayanan, başlangıçta sadece ısınma için kullanılan Güneş enerjisinin, elektrik enerjisine dönüştürülmesi fikrini ilk kez 1883’te Charles Fritz ortaya atmıştır (Çelikkaya, 2018, 357-384). Güneş’ten yayılan ve foton denilen ışınlar günümüzde çeşitli yöntemlerle toplanılarak, kullanımımıza uygun enerji formlarına dönüştürülebilmektedir.

Güneşten enerji üretimi ısı yollardan üretim ve fotovoltaik (PV) sistemler ile üretim olmak üzere iki yolla mümkündür ancak PV yöntem daha ucuza mal olduğundan en yaygın yöntem fotovoltaik güneş panelleri kullanan fotovoltaik sistemlerdir (Altıntop, Erdemir, 2013, 69-77).

Bir güneş paneli sistemi nasıl çalışır aşağıdaki şekil 14 üzerinden daha net anlaşılacaktır.



Şekil 14: Güneş Panelleri Çalışma Mekanizması

Kaynak: Makine Mühendisleri Odası.Fotovoltaik Güneş Enerjisi Sistemleri. [05.05.2018].

Fotovoltaik güneş hücreleri olarak adlandırılan yarı iletken maddeler güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çevirmektedir. Hücreler birbirine seri veya paralel bağlanarak güneş modülleri yani panellerini oluştururlar. Güç talebine göre yeterli sayıda panel, akümülatörler, dönüştürücüler (inverter) ve çeşitli elektronik destek devrelerinin bir araya gelmesiyle ise fotovoltaik sistemler oluşmuş olur. Fotovoltaik sistemler şebekeye bağlantılı ve bağlantılı olmayan şeklinde iki türlü kurulum şansına sahiptir. Şebekeye bağlı olmayan sistemlerde üretilen enerjinin fazlası, gerektiğinde tekrar kullanılabilmesi için akülerde depolanır. Şebekeye bağlı olan sistemlerde ise depolamaya ihtiyaç yoktur çünkü üretilen elektriğin fazlası şebekeye verilebilir ya da enerji ihtiyacı olduğunda şebekeden destek alabilir (Güneş Enerjisi ve Teknolojileri, [30.09.2018]).

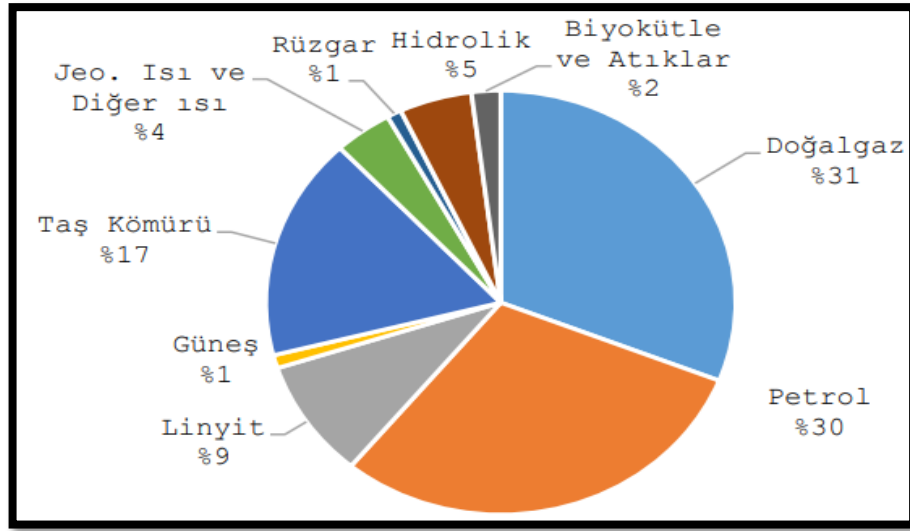
Fotovoltaik hücrelerin yapımında genellikle kristal silisyum, galyum arsenit, amorf silisyum, kadmiyum tellurid, bakır indiyum diselenid gibi yarı iletken maddeler kullanılır. Bu panellerin verimleri is %5 ile %25 arasında değişmektedir. Ancak verim artırıcı yöntemler de geliştirilmiştir. Yoğunlaştırıcı fotovoltaik sistemler olarak adlandırılan bu teknolojide güneş ışığı fotovoltaik hücrelerin üzerine odaklanır ve bunu

yaparken ucuz aynalar ve mercekler kullanıldığından verim artırılırken maliyet de düşürülmüş olur. (Güneş Enerjisi ve Teknolojileri, [30.09.2018]).

Güneş panellerinin kendini amorti etmesi ilk üretildiğinde pillerin ömürlerinden daha uzun olmaktadır. Günümüzde geliştirilen verim artırıcı teknikler sayesinde ve bölgelerin güneş potansiyeline bağlı olarak 3-5 yıl seviyelerine kadar düşmüştür (Dinçer, 2011,8-17).

Yaşanan teknik gelişmeler sayesinde düşmeye başlayan güneş enerjisi üretim maliyetleri sayesinde yatırımlar da artmaya başlamıştır. Afrika-AB Yenilenebilir Enerji İşbirliği Programı'nın da desteklediği, AB ödüllü kuruluş/dernek olan, Solar Power Europe'un güneş enerjisi küresel pazar görünümü raporunda 2017 yılının önceki yıllara kıyaslandığında yapılan yatırımlar açısından tarihi bir yıl olduğundan bahsedilmektedir. Kullanılabilir güneş enerjisi yatırımları 400 GW 'ı geçmiş, pazar lideri pazarın yaklaşık %53'ünü elinde tutan Çin olmuştur. İkinci sırada Amerika, üçüncü sırada Hindistan gelmektedir. Japonya önceki yıllara göre daha az yatırım yapmış, Avrupa'da ise yaklaşık 9.2 GW potansiyeldeki yatırımla %30'luk bir artış görünmüştür. Bu artışa en büyük katkıyı ise 2.6 GW potansiyeldeki yatırımla Türkiye'nin yaptığı görülmektedir 2018-2022 arası süreçte bu yatırımların artarak 2022 yılı sonunda 1270 GW'ın üzerine çıkması beklenmektedir (Global Solar Market, [27.11.2018]).

Türkiye'de enerji kullanımının çoğu birincil kaynaklardan üretilen enerjiler ile olmaktadır. Özellikle güneş enerjisi kullanımının hala düşük seviyede olması düşündürücüdür. Dünya'da enerji tüketiminin kaynak bazında detayını şekil 15'te görmek mümkündür.



Şekil 15: Dünyada Birincil Enerji Tüketiminin Kaynaklar Bazında Dağılımı

Kaynak: Kaya Kadir, Mahmut Can Şenel, Erdem Koç. 2018. Dünyada Ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi. Technological Applied Sciences. C.13.S.3: 219-234.

2.7.2. Taraf Olduğumuz Önemli Çevre Anlaşmaları

2.7.2.1. Viyana Sözleşmesi ve Montreal Protokolü

Çevreye yönelik küresel düzeyli yapılan anlaşmaların gelişimine baktığımızda 1985 yılında, bilimsel olarak çok da kesinleşmemiş sonuçlardan yola çıkmasına rağmen sera gazlarının ozon tabakasına verdiği olumsuz etkilerin ilerleyen dönemlerde geri dönülemez sonuçlar doğuracağı fikri sonucu ozon tabakasını incelten maddelerin azaltılması niyetiyle Viyana Sözleşmesi imzalanmıştır (Viyana Sözleşmesi, [24.03.2019]). Ardından 1987 ‘de ozon tabakasını incelten maddeleri belirleyen, bunların üretiminin azaltılması ve kontrol altına alınması gerektiğini vurgulayan Montreal Protokolü 196 ülkenin katılımıyla kabul edilmiştir. Ülkemiz protokole 19 Aralık 1991’de taraf olmuş, gelişmekte olan ülkeler arasında protokolü uygulama hususunda en başarılılar arasında sayılmıştır (Montreal Protokolü, [24.03.2019]). Ülkelerin sera gazlarını azaltım hususunda verdikleri taahhütler süreç boyunca güncellenerek bugünlere kadar gelmiştir. Montreal Protokolü’nün Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nin oluşmasına öncülük ettiği düşünülmektedir.

2.7.2.2. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi

Bilindiği gibi çevre ve iklim konularında dünya çapında kurgulanan çalışmalar çoğunlukla Birleşmiş Milletler Çevre Programı’nın girişimleriyle yürütülmektedir.

1992 yılında Rio’da düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı’nda, dünyayı ve tüm canlıların ortak çıkarını koruyacak bir çevre koruma planı oluşturulması gerektiği vurgulanarak çok taraflı küresel bir sözleşme oluşmuştur (İraz, 2018, 30).

191 ülkenin ve Avrupa Birliği’nin taraf olduğu sözleşme, iklim değişikliğinin tüm canlılar için ortaya çıkan olumsuz etkilerinden kaygılanarak atmosferdeki sera gazı birikimlerini, iklim değişikliğine sebep olan insan kaynaklı etkileri önleyecek düzeyde durdurmayı amaçlayarak imzalanmıştır. Karbon salınım oranları yüksek olduğundan özellikle gelişmiş ülkelere daha fazla sorumluluk yüklenmiştir. Gelişmekte olan ülkelerin sürdürülebilir kalkınmalarına katkıda bulunmak için iklim değişikliği önlemleri konusunda gelişmiş ülkelerle işbirliği içinde olmaları gerektiği vurgulanmıştır. İklim değişikliği konusunda tarafların kendi ulusal yasalarına uygun olarak halklarını eğitmeleri ve bilinçlendirmeleri gerektiği belirtilmiştir (Uluslararası Anlaşmalar, [21.03.2019]).

1992 Rio Çevre ve Kalkınma Konferansında imzalanıp, 21 Mart 1994’te yürürlüğe giren ve hükümetler arası ilk çevre sözleşmesi olan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ne Türkiye 18.12.2003 tarihinde taraf olmuştur.

Sözleşmede taraf olan ülkelerin küresel sorumluluklarına göre ek1 ülkeleri, ek2 ülkeleri ve ek dışı ülkeler şeklinde sınıflandırma yapılmıştır. Ülkemizin de aralarında bulunduğu Ek1 ülkeleri (Almanya, ABD, Avrupa Topluluğu, Avustralya, Avusturya, Belçika, Beyaz Rusya, Bulgaristan, Çekoslovakya, Danimarka Estonya, Finlandiya, Fransa, İngiltere ve Kuzey İrlanda, Hollanda, İrlanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Kanada, Macaristan, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Rusya Federasyonu, Türkiye, Ukrayna, Yeni Zelanda, Yunanistan) emisyon azaltımı konusunda önlemler almak, sera gazı emisyonlarını sınırlamak ve raporlarını paylaşmak şeklinde sorumluluklar almışlardır. Ek 2 ülkeleri; ek 1 ‘de yer alan sorumluluklarına ek olarak, geliştirmekte olan ülkelere her türlü teknik, fiziki ve finansal desteği vererek emisyon azaltımı konusunda yol gösterici olmakla yükümlendirilmişlerdir. Ancak ülkemize, ekonomik potansiyel, teknoloji, insani kalkınma indeksleri gibi göstergeler dikkate alınarak hassas bir ülke olması sebebiyle 2001 ‘de Marakeş’te düzenlenen Taraflar Konferansı’nda; Ek 1’de kalmak koşuluyla Ek2 ‘deki sorumluluklardan muaf olma hakkı verilmiştir (Uluslararası Anlaşmalar, [21.03.2019]).

1994 yılından sonra üye ülkelerin katılımlarıyla düzenli aralıklarla Taraflar Konferansı adı verilen toplantılar gerçekleştirilmiştir. Bunlardan en önemlisi 1997’de gerçekleştirilen konferanstır. Kyoto Protokolü imzalanmıştır.

2.7.2.3. Kyoto Protokolü

1997 yılında düzenlenen 3. Taraflar Konferansı’nda kabul edilen protokol 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’nin Ek-I listesinde yer alan ülkeler Ek-B adını alarak protokole taraf olmuşlardır. Ek-B listesinde yer alan ülkelerin sera gazı emisyonları azaltmaları gereken oranlar belirlenmiştir. 2008-2012 yılları arasında (1. Taahhüt dönemi olarak geçer) hedef emisyon toplamının 1990’daki seviyenin %5 altına düşürülmesi olarak belirlenmiştir. 2012 yılında Doha’da düzenlenen 18. Taraflar Konferansı’nda (2. Taahhüt Dönemi) protokolün 2020’ye kadar sürmesi kararlaştırılmış ve hedef 1990 yılı seviyesinin %18 altına inmek olarak güncellenmiştir. Ancak Doha Değişikliği’nin yürürlüğe girmesi için 144 ülkenin onaylaması gerekmektedir. ABD, Rusya, Japonya ve Avustralya 2. Taahhüt Dönemi’nde yer almamışlardır. Ek-B dışındaki ülkelerin sera gazı emisyonu azaltım konusunda sayısal bir yükümlülükleri bulunmamaktadır (Kyoto Protokolü, [22.03.2019]).

2009 yılında taraf olduğumuz Kyoto Protokolü gelişmiş ülkelerin sera gazı salınımlarını yaklaşık %5 azaltmayı öngörmektedir. Sektörel bazdaki etkilerini düşünürsek en güncel uygulamalardan biri Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Genel Müdürlüğü tarafından 2016-2019 yılları kapsamlı hazırlanan ve Resmi Gazete’de yayınlanan Türkiye Otomotiv Sektörü Strateji Belgesi ve Eylem Planı’dır. Buna göre ülkemizin iklim değişikliği konusundaki yükümlülüklerinin göz önüne alınarak AB ülkelerindeki uygulamalara benzer uygulamalar yapılması gerektiği, emisyon seviyeleri düşük çevre dostu, alternatif yakıtlı araçların kullanımlarının yaygınlaşması gerektiği ve bu amaçla şarj istasyonları gibi yatırımların yapılması gerektiği belirtilmiştir (Türkiye Otomotiv Sektörü, 2016).

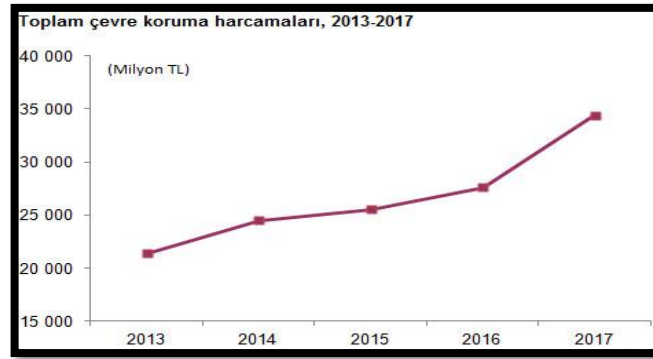
2.7.2.4. Paris Anlaşması

2020 sonrası iklim değişikliği uygulamalarının çerçevesi olan anlaşma 2015 yılında Paris’te düzenlenen 21. Taraflar Konferansı’nda kabul edilmiş, 4 Kasım 2016’da yürürlüğe girmiştir. Üzerinden 1 yıl geçmeden yürürlüğe giren ilk küresel anlaşmadır. İklim değişikliği ve sera gazı salınımını azaltmayla mücadelede gelişmiş, gelişmekte

olan tüm ülkelerin katkılarına dayanacak bir sistem öngörülmüştür. Anlaşmada emisyon azaltımı hususunda gelişmiş ülkelerin önceki hedeflerini sürdürmeleri, gelişmekte olan ülkelerin ise hedeflerini artırmaları gerektiği belirtilerek ülkelere “niyet beyanları” alınmıştır. “Ülkemiz, 20 Eylül 2015 tarihinde 2030 yılı itibarıyla gerçekleşmesi öngörülen “Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı” (INDC) beyanını %21’e varan artıştan azaltım olarak açıklamıştır.” Anlaşmanın uzun dönemli hedefi ise küresel sıcaklık artışının endüstriyelleşme öncesi döneme göre 2 °C’nin altında tutulması olarak belirlenmiştir. Bu da fosil yakıt kullanımının azaltılarak yenilenebilir enerji sistemlerinin yaygınlaşmasıyla mümkündür. Ülkemiz Paris Anlaşması’nı 22 Nisan 2016 tarihinde New York’da düzenlenen Yüksek Düzeyli imza töreninde niyet beyanında belirttiği gibi gelişmekte olan ülke sıfatıyla imzalayarak taraf olmuştur (Paris Anlaşması, [22.03.2019]).

2.7.3. Ülkemizde Çevre Koruma Uygulamaları

Ülkemizde çevre koruma harcamalarını belirlemeye yönelik AB İstatistik Ofisinin 2018 yılında yayınladığı TUIK üzerinden de ulaşılan Çevre Koruma Harcama İstatistikleri 2017 verilerine baktığımızda bir önceki yıla göre büyük artış olduğu görülmektedir.



Şekil 16: Tuik Çevre Koruma Harcamaları İstatistikleri

Kaynak: TUIK. Çevre Koruma Harcama İstatistikleri(2017). [03.12.2018].

Konularına göre incelendiğinde harcamaların %49’unu atık yönetim hizmetleri, %35’ini atık su yönetim hizmetleri, %6,6’sını biyolojik çeşitliliğin ve peysajın korunması, %3,5’ini toprak, yeraltı ve yüzey sularının korunması ve kalitesinin

iyileştirilmesi ve %5,9' unu ise diğer konularda yapılan harcamaların oluşturduğu belirtilmiştir.

Araştırmanın kapsamında; “Çevre koruma harcamaları, kirliliğin önlenmesi, azaltılması ve ortadan kaldırılması ile diğer çevresel bozulmalarla ilgili yapılan tüm faaliyetler ve eylemler için ayrılan ekonomik kaynakları içerir. Bu faaliyet ve eylemler, çevresel bozulmalar sonrası yapılan iyileştirme faaliyetlerini de kapsar. **Çevre koruma ürünleri,** çevresel baskıyı önleyen, azaltan veya ortadan kaldıran ürünlerdir. Bu ürünlerin büyük çoğunluğu atık toplama veya atıksu arıtma hizmetleri gibi hizmetler iken mallara; çöp konteynırları ve katalitik konvertörler örnek verilebilir. Çevre koruma harcama istatistikleri, çevre koruma ürünlerinin çoğunu oluşturan çevre koruma hizmetlerine odaklanmaktadır (TÜİK,2018)” olarak belirtilmiştir.

Sonuç olarak ülkemizde çevre koruma bilincinin arttığına işaret eder sevindirici durumlar olsa da sera gazları ve özellikle CO₂ emisyonu ile ilgili yeterli bir koruma veya harcama olmadığı görülmektedir. Taraf olduğumuz anlaşmalar göz önüne alındığında yenilenebilir enerji yatırımlarını artıracak uygulamaların çoğalması gerektiği açık bir gerçektir. Bazı vergi uygulamalarıyla çevre dostu ürünlerin teşviki sağlanmaya çalışılmaktadır.

2.7.3.1. Yasal Düzenlemeler

2.7.3.1.1. Çevresel Etkileri Olan Vergisel Düzenlemeler

Genel olarak devletin, kamu hizmetlerine harcaman üzere, kanuni düzenlemeler ile kişi veya kurumlardan topladığı paraya “vergi” adı verilmektedir. Tüm vatandaşlar ödeme gücüne göre vergi vermekle yükümlüdür. Ülkemizde vatandaşlardan alınan pek çok vergi çeşidi ve sınıflandırılması vardır. Gelir Vergisi, Kurumlar Vergisi, Katmadeğer Vergisi, Damga Vergisi, Emlak Vergisi, Motorlu Taşıtlar Vergisi, Özel Tüketim Vergisi, Çevre Ve Temizlik Vergisi gibi sayabileceğimiz ülkemizdeki vergilerin bazılarını fikir vermesi açısından aşağıdaki gibi kısaca özetlememiz mümkündür:

Gelir Vergisi Kanunu madde 1'e göre gerçek kişilerin bir takvim yılı içinde çeşitli çekilde elde ettikleri kazançlar üzerinden alınan, Madde 2'ye göre bu kazançları; ticari kazançlar, zirai kazançlar, ücretler, serbest meslek kazançları, gayrimenkul sermaye

iratları, menkul sermaye iratları, diğer kazanç ve iratlar olarak belirlenen **Gelir Vergisi** (Gelir Vergisi Kanunu, 1960, 1-2), Kurumlar Vergisi Kanunu madde 1 ‘de sayılan; Sermaye şirketleri, kooperatifler, iktisadi kamu kuruluşları, dernek veya vakıflara ait iktisadi işletmeler ile iş ortaklıkları şeklindeki kurumların, bir yıl içindeki faaliyetleri sonucu elde ettikleri kazançlar üzerinden alınan **Kurumlar Vergisi** (Kurumlar Vergisi Kanunu, 2006, 1), Katma Değer Vergisi Kanunu madde 1 de detaylı olarak sayılan; Türkiye’de yapılan ticari, sınai, zirai ve serbest meslek faaliyeti çerçevesindeki teslim ve hizmetler, her türlü mal ve hizmet ithalatı ve diğer faaliyetlerden doğan hizmetlerden alınan (KDV Kanunu, 1984,1), harcamalar üzerinden alınan en yaygın vergi olan **Katma Değer Vergisi**, Damga Vergisi Kanunu madde 1’de belirtilen; yazılıp imzalamak veya imza yerine geçen bir işaret konmak suretiyle düzenlenen veya elektronik imza kullanılarak elektronik veri olarak oluşturulan ve herhangi bir hususu ispat veya belli etmek için ibraz edilebilecek olan belgeler olarak belirlenen kağıtların dahil olduğu **Damga Vergisi** (Damga Vergisi Kanunu, 1964, 1), Emlak Vergisi Kanunu Madde 1 ve 2 ‘ye göre; Türkiye sınırları içerisinde bulunan, yapıldığı madde fark etmeksizin karada veya su üstünde yapılan sabit inşaatların hepsini kapsayan binalardan alınan **Emlak Vergisi** (Emlak Vergisi Kanunu, 1970, 1-2) ile **Çevre ve Temizlik Vergisi**, **Özel Tüketim Vergisi (ÖTV)** ve **Motorlu Taşıtlar Vergisi (MTV)** (bunlar ileride açıklanacaktır) maruz kaldığımız vergilerin en yaygın olarak bilinenleridir.

Genel olarak hayatımızın her alanında başta yukarıda açıkladıklarımız olmak üzere çok çeşitli vergilerle karşı karşıya kalırız. Ancak çalışmamızın konusu itibariyle bizleri etkileyen vergilerden bazıları çevresel etkileri dolayısıyla çok daha özel öneme sahip vergilerdir. Çevre kirliliği ile ilgili **Çevre ve Temizlik Vergisi** ve bir otomobil ülkemiz sınırlarına girdikten garajımıza ulaşana kadar maruz kaldığı **ÖTV** ve **MTV** gibi üç önemli vergiye yoğunlaşmamız gerekmektedir.

Motorlu Taşıtlar Vergisi:

Motorlu Taşıtlar Vergisi (MTV) Kanunu madde 1’de vergiye mevzu araçlar; kanunun 5. ve 6. maddelerinde yazılı tarifelerde belirtilen, Karayolları Trafik Kanununa göre trafik şube veya bürolarına kayıt ve tescil edilmiş bulunan motorlu kara taşıtları, Ulaştırma Bakanlığı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğüne kayıt ve tescil edilmiş olan uçak ve helikopterler Motorlu Taşıtlar Vergisine tabidir şeklinde belirtilmiştir (MTV Kanunu,1963,1-6).

Motorlu taşıtlar vergisi ocak ve temmuz aylarında iki eşit taksit şeklinde ödenir. Motorlu taşıtlar vergisi uygulanırken taşıtların motor silindir hacimleri, yaş olarak belirtilen kullanım süreleri ve satış fiyatları verginin miktarının belirlenmesinde kullanılan parametrelerdir. Madde 5' ve 6 da araçlardan alınacak vergileri belirlemeye yarayacak vergi cetvelleri oluşturulmuştur. Kanunda araçların tescil tarihine göre farklı cetveller de mevcuttur. Günümüzde elektrikli otomobil kullanımının artması kanuna ek fıkra eklenmesi şeklinde yansımış, bu düzenlemeyle elektrikli otomobiller de motorlu taşıtlar vergisine tabi olmuşlardır. 21.03.2018 tarihli bu eklemelerde elektrikli taşıtlar, motor güçlerine göre sınıflandırılmış ve içten yanmalı motorlara göre düzenlenen cetveldeki miktarların %25'i oranında vergilendirilmeleri uygun bulunmuştur.

Özel Tüketim Vergisi:

Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) Kanunu'na (ÖTV Kanunu, 2002) ekli; I,II,III ve IV sayılı listelerde belirtilen malların satış ve teslimleri için belirlenen düzenlemelere göre alınan bir defaya mahsus vergidir. 2 sayılı cetvelin 2 sayılı listesi konu itibariyle taşıtlardan alınan vergi oranlarını göstermektedir. Bu listeye göre elektrik motorlu araçlar da 27.03.2018 tarihli düzenlemeyle sınıflandırmaya alınmıştır.

Ötv hesaplamasında çok detaylı hesaplamalar vardır. Örneğin yük kapasitesi belirleyici bir faktördür. İnsan taşımak üzere imal edilmiş sürücü dahil 9 kişiye kadar oturma yeri olan binek otomobiller sınıfında yük kapasitesi 850 kilogramın altında, sadece elektrik motorlu olanlar %10 vergi oranına tabidir olarak belirtilmiştir. Ancak otomobillerin fiyatları da vergi miktarını etkileyen önemli bir değişkendir. Güncel otomobil fiyatları göz önüne alındığında, vergilerin ortalama miktarının düşünülmesi açısından cetvelde yer alan aşağıdaki sınıflandırmayı belirtmek fikir verici olabilir.

Sadece elektrik motorlu, Ötv vergisi matrahı 170.000 TL' yi aşmayanlar içinde;

--- Motor gücü 85 kW'ı geçmeyenler %37

--- Motor gücü 85 kW'ı geçen fakat 120 kW'ı geçmeyenler %60

--- Motor gücü 120 kW'ı geçenler %84 gibi oranlar ile vergilendirilmektedir.

Yine hibritler için detaylı hesaplamalar da bu cetvelde bulunabilir. İlgili kanunun 2 sayılı cetvelinde vergi oranı %160 'lara kadar çıkan taşıtlar olduğu görüldüğünden elektrikli otomobillerin kısmen daha tercih edilebilir olacağı söylenebilir.

Çevre Temizlik Vergisi:

5-16 Haziran 1972 tarihinde gelişmişlik seviyeleri birbirinden farklı pek çok ülkenin bir araya gelerek çevre konusunda önemli kararlar aldığı ilk konferans olan Stockholm Konferansının bir etkisi olarak ülkemizde çevrenin korunmasına yönelik ilk tedbirler 3. Beş Yıllık Kalkınma Planı içinde kendisine yer bulmuştur. 1982 Anayasasının 56. maddesinde “Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir. Çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşların görevidir.” şeklinde anayasal olarak da hayatımıza giren çevre tedbirlerinin ardından çevre vergilerinin ilk örneği 1993 tarihli Belediye Gelirleri Kanunu’na eklenen Çevre ve Temizlik Vergisidir (İraz, 2018).

Belediye Gelirleri Kanunu’nda düzenlenen Çevre ve Temizlik Vergisi, belediye sınırları ve mücavir alanlar içinde bulunan ve belediyelerin çevre temizlik hizmetlerinden yararlanan konut, işyeri ve diğer şekillerde kullanılan binaların çevre temizlik vergisine tabi olduğu şeklinde belirtilmiş ve oranlar eklenmiştir (Belediye Gelirleri Kanunu, 1981, 44).

Ülkemizde alınan vergilerin dolaylı veya dolaysız yoldan çevre üzerinde etkileri olduğu bilinmektedir. Çevre ve temizlik vergisi amaç olarak dolaysız yoldan çevre koruma tedbirleri sebebiyle alınan bir vergidir. ÖTV ve MTV ise dolaylı yoldan çevreye katkısı olan vergilerdir. Örneğin petrol türevi akaryakıtlardan alınan ÖTV akaryakıt fiyatlarının yükselmesine sebep olduğundan kullanıcıları yakıt tasarrufu yapma arayışlarına sokmaktadır. Bu durumun da dolaylı olarak fosil yakıtlardan yayılan sera gazlarının azalması yönünde çevreye etkileri olmaktadır. Benzer şekilde motorlu taşıtların ilk satışları esnasında motor hacimlerine göre alınan ÖTV miktarlarının motor hacmi büyüdükçe artması, kullanıcıları düşük silindirli otomobil satın almaya yöneltebilmekte, bu sayede yine dolaylı yoldan CO2 emisyonunun azalmasına katkıları bulunabilmektedir. MTV ise ülkemize servet vergisi olarak kendine sınıflandırmalarda yer bulsa da AB ülkelerinde uygulanış amacı çevre vergisi olmasıdır. MTV’nin belirlenmesinde kullanılan silindir hacmi, aracın yaşı gibi parametreler dolaylı yoldan emisyonla ilgili olarak çevreye katkıları olan bir vergi olmasını sağlar (İraz, 2018).

Dünya’da görülen teşviklerin benzeri olarak ülkemizde 2018 yılında ilgili kanunlara elektrikli otomobillerin vergilendirilmesi ile ilgili maddeler eklenmiştir. Tamamen

elektrikli otomobiller batarya dolulukları esnasında üretilen hariç 0 emisyon değerlerine sahip olduklarından geleceğin çevre dostu ulaşım araçlarıdır. MTV ve ÖTV oranları belirlenirken elektrikli otomobillere yönelik yapılan düzenlemelerin daha da teşvik edici olması çevre adına önemli bir fayda sağlayacaktır.

2.7.3.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun

10.5.2005 tarihinde hazırlanan Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (YEK) ile yenilenebilir enerji kaynaklarında üretilen elektrik enerjisinin üretimi ve satımı konusunda enerji piyasası denetleme kurulunca kişilere üretim lisansı verilmesi gerektiği belirlenmiştir. Böylece yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminin desteklenmesi, teşvik edilmesi ve kontrol altına alınması amaçlanmıştır. İhtiyacından fazla enerji üreten tesislerin ürettikleri enerjiyi enerji dağıtım sistemine verebilmelerinin yolu açılmıştır (YEK, 2005).

2.7.3.1.3. Şarj İstasyonları Kurulum Yönetmeliği

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) elektrikli araçların şarjı için gerekli altyapıları içeren şarj istasyonlarının kurulum esaslarını belirlemek, kamuya açık alanlarda kurulacak istasyonlar enerji tedarikçilerinin sorumluluklarını, istasyonların satış kiralama vb. yollarla devredilmesine yönelik esasları da içeren taslak bir metin oluşturmuş ve kamuoyu görüşüne sunmuştur. Taslak metine 12 Aralık 2017 tarihine kadar EPDK internet sitesinden erişilebilmekteydi. Henüz yayınlamış bir yönetmelik bulunmamaktadır.

2.7.3.2. Elektrikli Araç Uygulamaları

Ülkemizde özellikle elektrikli araç dünyasının gelişimine baktığımızda özel sektör yatırımcılarının biraz daha öne çıktığı görülmektedir. Gerek araç üretim çalışmaları gerek şarj istasyonu kurulumları ilk göze çarpan özel sektör uygulamaları arasındadır. Örnek vermek gerekirse;

Türkiye'nin ilk yerli %100 elektrikli otobüsünü 1989 Almanya kurulumlu bir özel sektör firması olan Bozankaya firması yapmıştır. Ülkemizde toplu ulaşım ihtiyaçlarına çevreci çözümler bulmak isteyen firma 2018 yılı itibariyle Eskişehir, Konya, Malatya, Kayseri, İzmir Elazığ ve Şanlıurfa'daki elektrikli otobüs, trambüs ve tramvay

ihalelerini alarak elektrikli filosunu ÷lkemize kazandırmıştır. İzmir’deki 20 araçlık elektrikli otob÷s filosu kullanıldığı 5 aylık süre içerisinde 436 ton karbondioksit salınımının önüne geçilmesini sağlamıştır. Fosil yakıtlı alternatiflerine göre %80 e kadar yakıt tasarrufu sağladığı belirtilen bu araçların kullanımıyla doğaya 97.000 ağaçlık bir ormanın üreteceğı oksijen kazandırılmıştır (Electric & Hybrid Cars, 2017, 35). Çevre ve insan sağlığına duyarlı ulaşım araçları üreten, yaptığı başarılı ihracatlar ile ÷lke ekonomisine katkıda bulunmaktadır. ÷lkemizin ilk metro ihracatı Bozankaya firması ile Tayland’a yapılmıştır.

1960’larda geliştirilen Devrim arabalarından sonra yerli otomobil üretim özlemini karşılamak amacıyla 2014’te kurulan Gen Otomobil firması, %100 elektrikli ilk yerli otomobili prototip olarak tasarlamıştır. Seri üretim için geliştirme çalışmaları devam etmektedir (Gen Otomobil, [16.04.2019]).

2007 yılında elektrikli araç teknolojisinin ÷lkemizde de gelişmesine katkıda bulunmak amacıyla kurulan DMA (Derindere Motorlu Araçlar) firması küresel ölçekte elektrikli araç ve enerji depolama sistemleri üreten ilk yerli firmamızdır. Araçların elektronik işleyiş ve yazılımları üzerine yoğunlaşan firmanın yılda 1000 araç üretim kapasitesi vardır. İstanbul genelinde şarj istasyon ağı da kuran firma tamamen Türk mühendisleri tarafından tasarlanan ilk elektrikli taksiyi İstanbul trafiğine kazandırmıştır. Firma İstanbul’daki tüm taksilerin elektrikli olması halinde yılda 1 milyar TL’lik yakıt tasarrufu yapılabileceğini öngörmektedir (Basın B÷ltenleri, [03.03.2019]). Bunun doğaya salınmayan emisyon karşılığı ise parasal ederinin çok daha fazlasıdır.

Elektrikli araç şarj istasyonlarının elektrik şebekesine olan etkilerini ölçmek amacıyla Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, güneş enerjisi yatırımcılarıyla ortaklaşa bir çalışma yürüterek güneş enerjisi ile entegre edilmiş, aynı anda iki araca hizmet edebilecek, yavaş ve hızlı dolum özelliğine sahip iki istasyonun kurulumunu yapmıştır. Ankara’da kurulan istasyon Ankara’nın en hızlı ve en kapsamlı istasyonu olma özelliğini taşımaktadır (YEGM, [08.04.2019]).

Şarj istasyonları kurulumu açısından özel sektör firmalarının bir rekabet içinde olduklarını söylemek yanlış olmayacaktır. Ev, işyeri, avm otoparkları, benzin istasyonları gibi pek çok alana kurulabilen şarj cihazlarına erişim için geliştirilen mobil uygulamalar sayesinde kullanıcıların yakınlarındaki istasyonları görme, yol tarifi alma, ödeme seçeneklerini görme, istasyonların doluluk oranlarını görebilme gibi

şansları olmaktadır. Özel sektör firmalarının istasyon ağı gittikçe gelişmektedir. Ülkemizde faaliyet gösteren bazı firmalar şu şekildedir: Tüm araç sahiplerine hizmet verebilen Sharz.net firması, kurulum yapılan yere göre belirli markalar için kısıtlı hizmet veren e-şarj firması (örneğin sadece Renault sahiplerine, BMW sahiplerine şeklinde kısıtlı erişim) , Voltrun firması, DMA firması, G-Charge firması ve Gersan Elektrik firması sektörün öncülerindendir. Tesla Motors firması ise yurtdışında yaygın kurulumları olan Supercharger istasyonlar için Türkiye’de kurmayı planladıkları lokasyonlarını da 2018 yılında duyurmuştur. Özel sektör firmalarının yoğun olduğu bu sektörde kamu yatırımlarının artırılmasının imzalanan çevre protokolleri açısından da faydalı olabileceği kanısındayız.

3. YÖNTEM

3.1. Çok Kriterli Karar Verme

Bizler günlük hayatta sürekli bazı seçimler yapmak, kendimiz için önemli olabilecek olguları göz önüne alarak kararlar almak zorunda kalırız. Karar; “bir işle ilgili olarak uygun diye düşünülen çare (Kurtuluş, 1976, 282)” olarak tanımlanmıştır. Örneğin bir öğrencinin mezun olduktan sonra iş seçimi kararı vermesi durumunu düşünürsek bu öğrenci alternatifler arasında kendine göre eve yakınlık, maaş, mesleki yeterliliğine uygunluk, çalışma ortamı vs. gibi kriterler belirleyecektir ve seçimini belli bir tutarlılık çerçevesinde bu kriterlere göre yapacaktır.

İşletme yöneticileri için de işletmelerin devamlılığını sağlayabilme konusunda aynı durum söz konusu olmaktadır. Yöneticinin karar verilecek konulara ilişkin alternatifler arasında, işletmeyi amaçlarına götürecektir yani genel olarak kar maksimizasyonu ya da maliyet minimizasyonu yapılabilecek, en uygun çare veya çözüm yollarını belirlemesi olarak tanımlanabilir. Bir karar verme sürecinde genelde tek bir amaç değil aynı anda gerçekleşmesi istenen birden fazla amaç söz konusudur. (Timor, 2011, 1). Amaç bütün kriterleri aynı anda sağlayabilen bir çözüm üretmektir. Bu tarz problemlerin çözümünde **çok kriterli karar verme** yöntemleri kullanılır. “Çok kriterli karar verme yöntemleri, ölçülebilen ve ölçülemeyen stratejik ve operasyonel faktörleri aynı anda değerlendirme imkanı sağlayan, karar verme sürecine çok sayıda kişiyi dahil edebilen analitik yöntemlerdir (Timor, 2011,15).”

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden bazılarını AHP, ANP, TOPSİS, VİKOR, ELECTRE, UTADİS ve PROMETHEE olarak sıralayabiliriz. Bu yöntemleri tablo 2’deki gibi özetlemek mümkündür:

Tablo 2: Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

YÖNTEM	AÇIKLAMALAR
AHP – Analytic Hierarchy Process Analitik Hiyerarşi Prosesi / Süreci	1970’lerde Saaty tarafından geliştirilen, karar problemlerinde seçim alternatiflerinin, belirlenen kriterlere verilen göreceli önem değerlerine göre ikili karşılaştırılmalarına dayanan bir yöntemdir (Timor, 2011).
ANP - Analytic Network Process Analitik Ağ Süreci	Saaty tarafından Ahp’nin bir ileri versiyonu olarak geliştirilmiş yöntemde yukarıdan aşağıya hiyerarşik yapı yerine faktörler arasındaki ilişkileri daha detaylı inceleyen ağ şeklinde etkileşimli bir yapı kurulur (Timor, 2011).
TOPSİS -Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution İdeal Çözüme Dayalı Sıralama Tekniği	80’lerde Yoon ve Hwang tarafından geliştirilen yöntemde, kriterleri karşılaştırırken oluşan karar matrisinde her bir alternatifin karşısına ilgili kriterlerin özellikleri yazılarak bir değerlendirme yapılır (Timor, 2011).
ELECTRE - Elimination et Choix Traduisant La Realite	1960’ların sonlarında Roy tarafından bulunan, alternatiflerde ikili üstünlük karşılaştırmaları kurulmasına dayanan yöntemin II, III, IV ve TR1 versiyonları çıkmıştır (Timor, 2011).

Tablo 2- devam

PROMETHEE – Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations	1980’lerde Brans tarafından geliştirilen yöntem kriterlere göre alternatifleri sıralarken alternatifleri farklı tercih fonksiyonları temelinde değerlendirir (Timor, 2011).
UTADIS- Utilities Additives Discriminantes	Devaud vd. tarafından 1980’lerde geliştirilen, daha çok finansal konularda uygulama alanı bulan yöntem, n sayıda alternatifin oluşturduğu küme ile m sayıda kriterin oluşturduğu kümenin belirli özellikler karşısındaki tercih ilişkilerini belirlemeye dayanır (Ulucan, Atıcı, 2009).
VIKOR- Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm	2004 yılında Opricovic tarafından geliştirilen yöntemin çalışma mantığı alternatifler için çok kriterli sıralama indeksi oluşturarak ideal çözüme en yakın kararın verilmesine olanak sağlamasıdır (Dinçer, Görener, 2011).

Elektrikli otomobiller için güneş enerjisi ile çalışan şarj istasyon yerleri belirleme problemi için çalışmada kullanılacağımız yöntem Analitik Hiyerarşi Prosesi AHP’dir.

3.2. Analitik Hiyerarşi Prosesi - AHP

İlk olarak Thomas Saaty tarafından 1970’lerde geliştirilen, karar vericilerin hem öznel hem nesnel düşüncelerini karar sürecine dahil edebilme şansı veren Analitik Hiyerarşi Prosesi işletmecilik dışında eğitim, ekonomi, kamu politikaları, spor gibi alanlarda dahi yaygın kullanılan çok kriterli karar verme yöntemidir (Kuruüzüm, Atsan, 2001).

Analitik hiyerarşi prosesi tercih problemleri, tedarikçi, personel seçimi problemleri, satın alma-kiralama kararı problemleri, yer seçimi, istasyon kuruluş yeri seçimi

problemleri gibi geniş kullanım yelpazesıyla literatürde kendisine yer bulmuş bir yöntemdir. Ahp kullanımına örnek sayısız çalışma vardır. Çalışmamızla benzerlik gösterebilmesi açısından bazı çalışmalar şu şekildedir:

Eren, Hamurcu ve Alağuş'ın (2017) yayınlamış oldukları “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Kırıkkale Yüksek Hızlı Tren İstasyon Yeri Seçimi” isimli çalışmada uygun istasyon yeri seçimi için şehir merkezine yakınlık, erişilebilirlik, arazi yapısı, yatırım maliyeti gibi belirlemiş oldukları kriterler neticesinde AHP yöntemi kullanarak Kırıkkale ilinde 4 alternatif istasyon yeri açısından uygun olan yerin seçilmesine çalışılmıştır .

Yağcıtekin (2014) doktora tezinde “Elektrikli Araç Şarj Altyapısı Tasarımı Ve Akıllı Şarj Sisteminin Geliştirilmesi” konusu çalışılmış ve Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü içerisinde uygun şarj istasyon yeri belirlemek için AHP yönteminden yararlanılmıştır .

Aydın, Öznehir ve Akçalı'nın (2009) “Ankara İçin Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Modellenmesi” isimli çalışmasında Ankara’da açılması planlanan bir hastane için Ankara’nın değişik sosyo-ekonomik bölgelerinden alternatif ilçeler belirlenerek uygun yer seçimi sorunu AHP ile çözülmeye çalışılmıştır.

Bir başka yer seçimi uygulaması Erden ve Coşkun (2011) “ Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yardımıyla İtfaiye İstasyon Yer Seçimi” isimli çalışmadır. İstanbul ili içinde 35 itfaiye istasyonunu dahil ettikleri analizlerinde, mevcut istasyonların uluslararası standartlarla uyuşmadığı sonucuna varmış, 17 adet yeni istasyon yeri belirlenmesini AHP yöntemi ile gerçekleştirmişlerdir.

Ahp kullanılarak yapılan bir değişik çalışma ise Sivrikaya ve Ünal (2018) “Ahp Grup Karar Verme Yöntemi İle Bilgi İşlem Çalışanlarının Yetkinlik Temelli Performanslarının Değerlendirmesi” isimli çalışmadır. Grup kararları sonucu belirledikleri mesleki yetkinlik, iletişim becerileri ve kişilik özellikleri gibi kriterler ile süreci işleterek bir devlet üniversitesinde bilgi işlem personelinin performans değerlendirmesini yaparak en iyi personeli belirlemeye çalışmışlardır.

Kecek ve Yüksel'in (2016) yayınladıkları “Analitik Hiyerarşi Süreci (Ahp) Ve Promethee Teknikleriyle Akıllı Telefon Seçimi” isimli çalışmada cep telefonu sektöründe bir araştırma yapmış ve 18-25 yaş aralığında seçtikleri örneklemin model

tercihini Ahp ile belirlemeye çalışmışlardır. Literatür tarandığında AHP uygulanan pek çok örneğe rastlamak mümkündür.

Analitik hiyerarşi prosesi'nin her yöntem gibi bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Avantaj ve dezavantajlarını aşağıdaki gibi özetleyebiliriz (Yıldırım ve Önder, 2015,85-85):

Avantajları:

- Belirlenen kriterlerin önem dereceleri belirlendiğinden çok boyutlu karmaşık problemlerin tek boyuta indirilerek çözülmesine fırsat verir.
- Karar alınırken, karara katkıda bulunan alanında uzman kişilerin görüşlerinin alınarak ortak bir görüş oluşturulabilmesine fırsat verir.
- Karar vericilere somut verilere ek olarak öznel yargılarını da sürece dahil edebilme şansı verir.
- Ana kriterler kendi arasında, alt kriterler kendi arasında ikili karşılaştırmalara tabi tutulduğundan karar matrisinin boyutunun çok fazla büyüüp sürecin karışmasına engel olması kullanım kolaylığı verir.
- Birçok sektör ve konu üzerinde uygulanabilir olması araştırmacılara yazınsal olarak geniş bir yelpaze sunar.
- Microsoft Excel gibi kolay erişilebilen bir programla hesaplanabilmesi bir diğer kullanım kolaylığıdır.

Dezavantajları:

- Sürecin bireysel tercihler üzerinden ilerlemesi, kriterlerin göreceli olması sonuçlar tutarlı olsa bile doğruluğunun onaylanabileceği bir denetim mekanizması olmayışı eleştirilere sebep olmaktadır.
- Bir diğer eleştiri de analize sonradan kriter eklenip çıkarılması durumunda kriterlerin öncelikleri değişebileceğinden tüm hesaplamaların baştan yapılması gerekliliğine gelmektedir. Bu durumun literatürdeki adı “sıra değişimi” olarak geçmektedir.

AHP ile problem çözülürken ilk önce hedef belirlenir ve hedefi gerçekleştirmek için aşağıdaki çözüm aşamaları uygulanır (Timor, 2004, 3-18):

- 1- Hedeflerin belirlenmesi,
- 2- Hedefleri gerçekleştirecek kriterlerin belirlenmesi,

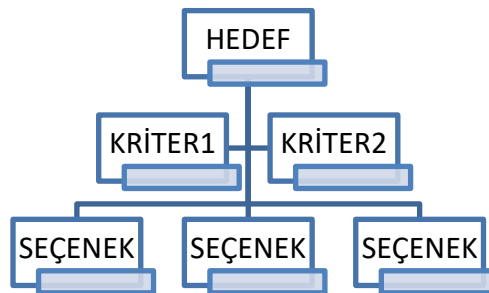
- 3- Her kriter için (n) olası karar alternatifinin belirlenmesi,
- 4- Hiyerarşik modelin belirlenmesi.

AHP'nin çalışma mantığını özetlemek gerekirse: AHP'nin en önemli adımı olan hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra süreci işletebilmek için yöntem uygulanırken; kriterler arası ikili karşılaştırma matrisleri kurulur, faktörlerin yüzde önem dağılımları belirlenir ve faktörlerin tutarlılıkları ölçülür (Kuruüzüm, Atsan, 2001). Seçimlerin tutarlı olması önemlidir. Karar vericinin karşılaştırmaları yaparken tutarlı davranıp davranmamasının belirlenmeye çalışıldığı tutarlılık oranı CR ile gösterilir ve 0.10 değerinden küçük olması kabul edilebilir düzeydir. Kabul edilebilir tutarlılıklardan sonra alternatifler arasında en yüksek değeri alan alternatif seçilerek karar süreci tamamlanmış olur (Ömürbek, Şimşek, 2014, 306-327). Ahp ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulurken; alanında uzman kişilerden oluşan bir grup üyelerinin, konu hakkındaki bireysel görüşlerinin tek bir görüş altında birleştirilmesine olanak verir. Ahp'de grup kararı alınırken ikili karşılaştırmalar matrisine verilen değerlerin geometrik ortalaması alınarak matematiksel temele dayandırılmış ortak bir matris oluşturulur (Yıldırım, Önder, 2015, 35). Şu halde işlem basamaklarını hiyerarşik modelin kurulması, ikili karşılaştırmalar matrisinin oluşturulması, normalizasyon, özdeğer vektörü ve uyum oranı hesaplanması olarak sıralandırabiliriz.

3.2.1. Hiyerarşik Modelin Kurulması:

AHP'nin en önemli adımlarından biridir çünkü “karmaşık problemler, problemi oluşturan bileşenlerin hiyerarşik ilişkilerinin belirlenmesi sayesinde daha iyi anlaşılabilir hale getirilebilir (Timor, 2011,29).”

Genel olarak hiyerarşik yapıyı; en üstte belirlenen hedef, altında hedefe yönelik kriterler ve en son kriterlere uygun seçeneklerden oluşan bir tüm dengelim olgusu olarak şekil 17’teki gibi özetleyebiliriz.



Şekil 17: Genel Hiyerarşik Yapı

3.2.2. İkili Karşılaştırmalar Matrisi

İki faktörün birbiriyle karşılaştırılması anlamına gelen ikili karşılaştırmalar matrisinin oluşumu hiyerarşik yapının kurulumundan sonra ikinci adım olarak düşünülebilir (Kuruüzüm, Atsan, 2001). Bütün faktörler sırası ile birbirleri ile karşılaştırılır ve önem derecelerine göre karar vericinin verdiği sayısal değerler ışığında ikili karşılaştırma matrisi elde edilmiş olur. Karşılaştırmalar yapılırken kullanılan önem dereceleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3: Önem Dereceleri Tablosu

Önem Derecesi	Tanımı
1	Eşit derecede önemli
3	Hafif derecede önemli
5	Kuvvetli derecede önemli
7	Çok kuvvetli derecede önemli
9	Mutlak üstün derece önemli
2,4,6,8	Ara değerler
Karşılıklı değerler	Ters karşılaştırmalar için

Kaynak: Saaty, L. Thomas. 2008. Desicion Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal Services Sciences*. c.1. s.1: 86.

Bu aşamada AHP'nin, dört önemli aksiyomunu (homojenlik aksiyomu, karşılıklı olma aksiyomu, bağımsız olma aksiyomu ve beklentiler aksiyomu) özetlemekte fayda vardır (Timor, 2011, 33):

Genellikle i-nci özellik ile j-nci özellik arasındaki ikili karşılaştırma değeri a_{ij} olarak gösterilir.

Ahp karar vericiye subjektif düşüncelerini sürece dahil etme fırsatı sunsa dahi karar verici alternatiflerden birini diğerine tercih ederken sonsuz kez üstün şeklinde bir yargıya varmamalıdır. Ahp'nin **homojenlik aksiyomuna** ($\forall i$ ve i için) $a_{ij} \neq \infty$ olmalıdır. Bu sebeple önem derecesi tablosu kullanılır.

i-nci özellik ile j-nci özellik arasındaki ikili karşılaştırma değeri a_{ij} olarak gösterildiğinde a_{ji} j-nci özellik ile i-nci özelliğin karşılaştırma değeri olacaktır.

AHP'nin **karşılıklı olma aksiyomuna** göre $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ (3.1) olacaktır.

İkili karşılaştırma matrisinin genel görünümü şu şekildedir:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & & \ddots & \vdots \\ \vdots & & & \\ a_{n1} & \dots & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & & \ddots & \vdots \\ \vdots & & & \\ 1/a_{1n} & \dots & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Bir başka deyişle karşılaştırılan kriterler için A'nın B'ye göre tercih derecesi 7 ise karşılığında B'nin A'ya tercih edilme derecesi 1/7 olacaktır.

Bir faktör kendisi ile kıyaslandığında “1” değerini almaktadır. Bu sebeple köşegen üzerindeki tüm elemanları 1'dir.

Ahp'nin **bağımsız olma aksiyomuna** göre ise hiyerarşideki kriterler bir alt seviyedeki elemanlardan bağımsız olmalıdır. Kararı etkileyebilecek bütün kriter ve alternatifler hiyerarşide gösterilmelidir. Bu ise **beklentiler aksiyomu** olarak adlandırılır (Timor, 2011, 33-34).

3.2.3. Normalizasyon, Özdeğer Vektörü ve Uyum Oranı

Öncelikler matrisinin normalizasyonu, özdeğer vektörünün elde edilmesi ve uyum oranı hesaplanması birbiri ile bağlantılı işlemlerdir. W ile gösterilen özdeğer vektörü ikili karşılaştırmalar matrisinin kurulmasından sonra birbiri ile karşılaştırılan faktörlerin yüzde önem dağılımlarını belirlemek için yapılan bir çalışmadır (Kuruüzüm, Atsan, 2001). Karar vericinin karar verirken tutarlı olması önemlidir. Kriterler arası yapılan karşılaştırmalar arasındaki tutarlılığın literatürde kabul edilen uyum oranı olan 0.1'den küçük olması gerekmektedir. Uyum oranı CR ile gösterilir. $CR \leq 0.10$ olmalıdır (Macharis ve diğ.,2004).

Uyum oranının hesaplanabilmesi için sıra ile aşağıdaki adımlar izlenir (Timor, 2011, 44-50):

1. Karşılaştırma matrisindeki her sütun için sütun toplamaları hesaplanır.
2. Her sütundaki elemanlar sütun toplamına bölünerek “normalize edilmiş matris” elde edilir.

Normalize edilmiş vektör elemanları hesaplama formülü: $b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}$ (3.2)

kullanılarak B sütun vektörleri oluşturulur.

$$B_i = \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \vdots \\ \vdots \\ b_{n1} \end{pmatrix} ; \text{ sütun vektörlerinin birleşimi normalize edilmiş matrisi}$$

oluşturur.

$$\text{Normalize edilmiş matris C ile temsil edilsin. } C = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{pmatrix}$$

3. Öncelikler vektörü için normalize edilmiş matrisin (C matrisi) her satırının ortalaması alınır. W ile gösterilir.

Hesaplanırken $w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n}$ (3.3) formülü kullanılır. Ortalamalardan oluşan bu

$$\text{vektör öncelikler vektörüdür. } W = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} \text{ şeklindedir.}$$

4. Öncelikler vektörü (W) ile ilk matris olan karşılaştırmalar matrisinin (A) çarpımı sonucu “tüm öncelikler matrisi” elde edilir. D ile temsil edilsin. Formülasyonu $D=A*W$ (3.4) şeklindedir.
5. Tüm öncelikler matrisinin elemanları, öncelikler vektörü elemanlarına bölünür. E ile temsil edilen bu vektörün elemanlarının **ortalaması** λ_{MAX} değerini verir.

$$E_i = \frac{D_i}{w_i} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (3.5) \text{ şeklinde olacaktır.}$$

$$\lambda_{MAX} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (3.6) \text{ olarak ifade edilebilir.}$$

6. CR hesaplanır ve sonucun 0.1’den küçük olması kabul edilebilir tutarlılık değerini gösterir.

$$\text{Uyum oranı } CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.7) \text{ formülü ile hesaplanmaktadır.}$$

Tutarlılık indeksi olan CI, $CI = \frac{(\lambda_{MAX} - n)}{(n-1)}$ (3.8) ile hesaplanır. n karar alternatiflerinin sayısını gösteren değişkendir.

RI ise rastgele değer indeksidir. Rastgele değer indeksi için kullanılan standartlar bellidir. Karar alternatiflerinin sayısına karşılık gelen rassal değerler şekil 18’de görülebilir.

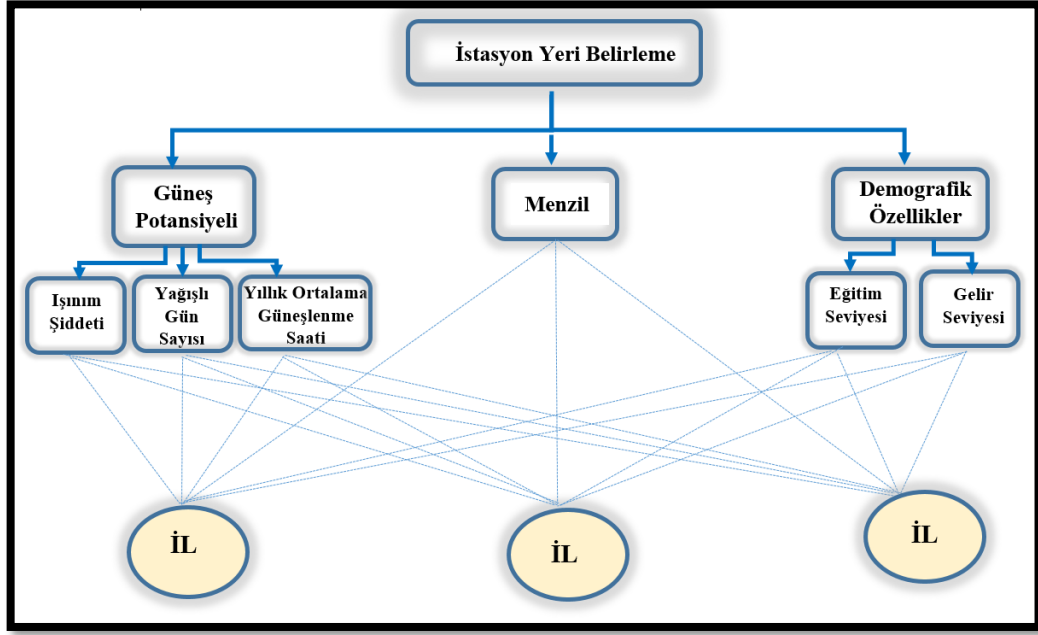
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.İ.	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Şekil 18: Rassal Değerler

Kaynak: İmren, Erol, Selman Karayılmazlar, Rıfat Kurt, Yıldız Çabuk. 2017. Yatırım Kararı Almada AHS Yönteminin Kullanımı: Bartın İli Örneği. **Bartın Orman Fakültesi Dergisi**. c.19. s.2: 107-114.

Güneş enerjisi kullanarak kendi elektriğini üreten ve elektrikli otomobillerin şarjı için kullanılacak yol üstü temiz yeşil şarj istasyonları kurma amacıyla yola çıkacağımız çalışmamızda İstanbul’dan Antalya’ya hareket edecek bir elektrikli otomobil kullanıcısı için mola verip otomobilini şarj edebileceği uygun bölgeleri il bazında hesaplamaya çalışacağız. Hesaplama AHP Yöntemi ile yapılacağı için öncelikle problemi belirlemeliyiz. Problem “istasyon yeri belirleme” olarak belirlendiğinde, kriterler ve alternatiflerle birlikte hiyerarşik düzen oluşacaktır. İstanbul Antalya arası yolculuk edecek bir otomobil için çeşitli alternatif rotalar belirlenebilir ancak karayolları haritası göz önüne alındığında ve hem zaman hem yakıt tasarrufu yapan rotalar bütün otomobil kullanıcıları için seçilmesi yüksek rotalardır. Bu sebeple seçilebilecek alternatifler arasına girecek illeri Kocaeli, Yalova, Bursa, Bilecik, Kütahya, Afyonkarahisar, Eskişehir, Burdur, Isparta olarak düşünmek yanlış olmayacaktır. Ahp sürecinin bir diğer önemli kavramı olan kriterler ise üç ana başlık olarak güneş potansiyeli, demografik özellikler ve istasyonlar arası uzaklıkları ilgilendiren menzil uzunluğu kriteri olarak belirlenmiştir. Bunun ışığında uygulamaya geçmeden önce hiyerarşik düzeni belirleyelim. Hiyerarşinin en üstünde problem, ikinci sırada kriterler yer almak zorundadır. Alternatifler ise (iller) hiyerarşinin en altında konumlandırılır.

Hiyerarşik düzeni şekil 19’da görebilirsiniz:



Şekil 19: İstasyon Ağı Probleminin Hiyerarşik Yapısı

4. UYGULAMA

Literatür incelendiğinde tesis yeri seçimi söz konusu olduğunda analitik hiyerarşi prosesi ile çözüm yolu aranan pek çok çalışmaya rastlamak mümkündür. Karmaşık problemlerin çözümünde karar verici için birden fazla kriterin önemli ve belirleyici olabildiğini, bu tarz problemlerin çözümünde çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığını belirtmiştik. Konumuz üzerinden gidersek güneş enerjisi ile çalışan şarj istasyonları için uygun yer seçimi probleminde seçilecek bölgenin güneş potansiyeli, yaşayan halkın eğitim-gelir seviyesi, çevre bilinç düzeyleri, istasyon maliyetleri, kuş göç yollarına uzaklık, otomobillerin batarya kapasitelerine bağlı olarak menzil uzunlukları, altyapı olanakları (şebekeye etkileri) gibi pek çok faktör göz önüne alınmalıdır. Devletimizi büyük bir işletme olarak düşünürsek işletmemizi çevreci normlarla yönetebilmek ve bir işletmenin temel amaçlarından olan maliyeti azaltıp karı arttırabilmek için yeşil şarj istasyonlarının yapılması yerinde olacaktır. Bu istasyonlar yapım esnasında belli bir maliyet gerektirse de zaman içerisinde kendini amorti edebilecek potansiyele sahiptir çünkü güneş sonsuz ve maliyetsiz bir kaynaktır. Bu çalışmada yöntem olarak Analitik hiyerarşi prosesi kullanılacaktır.

İstanbul Antalya arası yolculuk yapacak bir elektrikli otomobil kullanıcısı için güneş enerjisi ile çalışan istasyon yerleri belirlemek amacı ile analitik hiyerarşi prosesi yöntemini çalıştırmak istediğimizde özellikle 3 ana kriterin belirleyici olacağı kanısındayız. Bu kriterleri sırası ile açıklayarak hiyerarşik yapının kurulması işlemine başlayalım.

4.1. AHP Kriterler

4.1.1. Bölgenin Demografik Özellikleri

Tesis kurulumu yapılacak bölgelerin demografik özellikleri pek çok işletme sahibi tarafından göz önüne alınması gereken parametrelerdir. Üretilecek ürünün hitap ettiği kesime ulaşma oranını arttırmak için bölgenin doğru seçilmesi gerekmektedir. Elektrikli otomobil dünyası söz konusu olduğunda bölgede yaşayan halkın yaş, cinsiyet gibi demografik özelliklerinden ziyade **eğitim durumu** ve **gelir seviyesi** daha

belirleyici özellikler olacaktır. Eğitim seviyesi yükseldikçe çevre koruma bilinci artmakta ve tüketiciler tercihlerini doğa dostu ürünler yönünde yapabilmektedir. Gelir seviyesi ise alım gücünü doğrudan etkileyen bir parametredir. Elektrikli otomobiller henüz çok yaygın olmadıklarından ve ülkemizde de üretilmediklerinden maliyetleri, içten yanmalı otomobillerle kıyaslandığında belli bir gelir seviyesi gerektirecektir. Bu sebeplerle istasyon kuruluş yeri seçerken bölgede yaşayan halkın eğitim ve gelir seviyesi AHP süreci işletilirken incelenmesi gereken parametrelerdir.

4.1.1.1. Bölgenin Eğitim Seviyesi

Basitçe canlı ve cansız tüm varlıkların bir arada bulunduğu yaşam ortamlarımızı çevre olarak tanımlayabiliriz. “Çevrede meydana gelen ve canlıların sağlığını, çevresel değerleri ve ekolojik dengeyi bozabilecek her türlü olumsuz etki (Çevre Kanunu, 1983, 2)” olarak tanımlanan çevre kirliliği ise çağımızın en büyük sorunlarından biridir.

Çevremizdeki bütün canlıların rahatça hayatlarını devam ettirdiği dönemlerden türü yok olma tehlikesiyle karşılaşan hayvanlara, organik olmayan gıdalara, kirli havaya mahkum olmaya başladığımız günümüz dünyasında çevre bilinci de önemi gittikçe artan bir kavram haline gelmiştir. Daha yaşanılabilir bir dünya için yürütülen çalışmalar ise her şey gibi çevre bilincinin de bireylere küçük yaşta aşılması gerektiğini göstermiştir. Çünkü çoğu bireyin, burada bireyi motorlu araç kullanıcısı profili olarak düşünürsek, kullandıkları motorlu taşıtların çevreye olan olumsuz etkilerinin farkında olmadıkları ya da yeterli eğitimi almadıkları için umursamaz tavır içinde oldukları bilinen bir gerçektir.

Ülkemizde çevre eğitimi ilkokuldan lisans eğitiminin sonuna kadar eğitimin her aşamasında ne yazık ki zayıf bir durumdadır. Lisanstan önce okullarda müfredatta genellikle bir ders değil konu olarak, lisansta ise ders olarak ayrıca alınsa bile genellikle dersin yürütücüsünün insiyatifinde bir içerikle anlatılmaktadır. Ve genellikle uygulama ile desteklenmemektedir. Geleceğin toplumlarına yön verecek bireylerin çevre konusunda bu derece yetersiz yetiştirilip büyük çevre koruma tedbirleri, yüksek bilinç beklemek de pek doğru olmayacaktır. Bu sebeple eğitim çevre bilinci konusunda son derece önemli bir boyuttur (Sönmez, 2018, 18-27).

Dünyada örneklerine rastlanan çalışmaların bir benzeri olarak ülkemizde Ankara ili örnekleminde ortaokul öğrencileri ile yapılan “Ortaöğretim Öğrencilerinin Araç Emisyonlarından Kaynaklanan Çevre Problemleri Hakkındaki Bilgi Seviyeleri” isimli

çalışmada; motorlu araçların hangi yollarla çevreye zarar verdiği konusunda bilgi sahibi olmayan ya da yanlış bilgisi olan öğrenci sayısının örneklemin üçte birinden fazla olduğu görülmüştür. Her çocuğun potansiyel araç kullanıcısı, dolayısıyla çevre kirleticisi olduğu göz önüne alındığında çevre bilinci eğitiminin önemi ortaya çıkmaktadır (Darçın, Darçın, 2009, 485-512). Yükseköğrenim öğrencilerinde ise durum biraz daha farklıdır. Özellikle çevre ile ilgili bölümlerde okuyan öğrencilerin duyarlılıklarının diğerlerinden daha fazla olduğunun görüldüğü çalışmalardan ortaya çıkan genel sonuç eğitim seviyesi ile çevre koruma bilinci arasında doğrusal bir ilişki olduğudur (Oğuz, Çakıcı, Kavas, 2011, 34-39). Duru ve Şua'nın 2013 yılı İstanbul Aydın Üniversitesi öğrencileri örnekleminde yapmış oldukları, gençlerin çevre duyarlılığı ve çevre dostu ürün duyarlılığı konusundaki tutumlarını belirlemeye yönelik, "Yeşil Pazarlama ve Tüketicilerin Çevre Dostu Ürünleri Kullanma Eğilimleri" isimli çalışma göstermiştir ki; öğrencilerin eğitim seviyesi yükseldikçe kültür seviyesi ve ekolojik bilinç artmaktadır (Duru, Şua, 2013,126-136).

Tüketicilerin satın alacakları ürünlere karşı olan genel tutumları literatürde satın alma davranışı olarak adlandırılmakta ve incelenmektedir. Satın alma süreci psikolojik, sosyolojik (kültürel çevre) ve demografik (eğitim seviyesi, gelir seviyesi, yaş, cinsiyet vb.) olarak gruplayabileceğimiz pek çok faktörden etkilenmektedir (Tatlidil, Aracıoğlu, 2009, 435-461). Satın alma süreçlerini nelerin etkilediğine dair pek çok çalışmaya rastlanmaktadır. Bunlardan biri Tatlidil ve Aracıoğlu'nun (2009,435-461) İzmir ili örnekleminde yaptığı çevre sorunlarına ilişkin farkındalık ve bunun satın alma davranışına etkisinin incelendiği çalışmadır. Çalışmanın sonuçlarından biri eğitim seviyesi arttıkça çevre koruma ve çevre bilincinin arttığını, tüketicilerin satın alma davranışlarının olumlu etkilendiğini ve tercih yapma durumunda kaldıklarında çevreye daha az zarar verecek ürünlere yöneldiklerini göstermiştir.

İlk kez 1970'lerde araştırmalarda kendine yer bulmaya başlayan, bireylerin satın alma ve ürün seçimi konularında tutumlarını etkileyen yeşil tüketici kavramı ise bireylerin ya da toplumların bilinçli olarak veya çevresiyle sosyal etkileşimleri sonucu edindikleri çevreye yararlı bir takım değer ve davranışlar olarak özetlenebilir. Yeşil tüketim çevre bilinciyle doğrudan ilişkili bir kavramdır (Yaraş, Akın, Şakacı, 2011, 117-126).

Her ne kadar istasyon yeri belirlemeye çalışsak da gelip geçici araçlar haricinde bölgedeki sabit kullanıcılar da dikkate alınmalıdır. Bu sebeple istasyonun kurulacağı

bölgenin eğitim seviyesi çevreyi koruma bilincinde etkili olacaktır. Çevreyi koruma bilincinin satın alma davranışını etkileyeceği ise aşıkardır. Çalışmada incelenecek iller kıyaslanırken eğitim seviyeleri açısından kıyaslama yapmanın faydalı olacağı görüşündeyiz. Eğitim seviyesi daha yüksek bulunan illerde yeşil şarj istasyonlarının kullanımı artacaktır. Eğitim seviyelerini belirlemek için kullanılan değerleri: “TUİK illerde yaşam endeksi il sıralamaları ve endeks değerleri, 2015” ‘i baz alarak hesaplayacağız.

Tuik İllerde Yaşam Endeksi genel açıklamalarından faydalanarak endeksin oluşturulma yöntemi hakkında bilgi vermek faydalı olacaktır. Toplumsal ilerlemenin her anlamıyla ölçülebilmesi amacıyla TUİK 2015 yılında hane halkları üzerinden illerin yaşam düzeylerinin ölçüldüğü detaylı bir araştırma yapmıştır. İllerin farklı yaşam boyutlarındaki güçlü ve zayıf yönlerinin belirlenmeye çalışıldığı, objektif ve sübjektif göstergelerle oluşturulan bu bileşik endekste konut, çalışma hayatı, sağlık, eğitim, gelir ve servet, yaşam memnuniyeti gibi parametreler değerlendirilmiştir. Örneğin **gelir ve servet parametresi** değerlendirilirken; kişi başına düşen tasarruf mevduatı, orta ve üstü gelir grubundaki hanelerin oranı, temel ihtiyaçlarını karşılayamayan hanelerin oranı gibi alt parametreler incelenmiştir. **Eğitim parametresi** oluşturulurken okul öncesi eğitimde net okullaşma, TEOG yerleştirme puanları, YGS puan ortalaması, fakülte veya yüksekokul mezunlarının oranı, kamunun eğitim hizmetlerinden memnuniyet oranı gibi alt parametreler incelenmiştir. **Çevre parametresi** oluşturulurken hava ve su kalitesi yüksek bir çevrenin insan yaşamına olumlu etkileri ve çevreyi korumanın uzun vadeli gereklilikleri göz önüne alınarak; hava kirliliği ölçümleri, km² ‘ye düşen ormanlık alan, atık hizmetleri, gürültü problemi yaşayanların oranları ve belediye temizlik hizmetleri gibi alt göstergeler kullanılmıştır (İllerde Yaşam Endeksi, [06.08.2018]).

4.1.1.2. Bölgenin Gelir Seviyesi

Eğitim seviyesi yükseldikçe bireylerin gelir durumları, genellikle daha iyi pozisyonlarda çalışma imkanı bulabildikleri için artar ve gelir durumunun iyi olması tüketim tercihlerini zaruri ihtiyaçlara göre yapmak yerine kişisel arzu ve isteklerine göre yönlendirmelerine olanak verir. Yani tüketicinin çevreci bir yaklaşım izleyip izlememe tercihi eğitim seviyesiyle olduğu kadar gelir seviyesi ile de ilgilidir.

Tüketiciler sonsuz seçenek arasından kendilerine en uygun en yarar sağlayacak mal ve hizmetleri seçmekte özgür de olsalar bu özgürlük gelirleri ile sınırlıdır (Tarı, Pehlivanoğlu, 2007, 192-210). Şu halde tüketim davranışlarını etkileyen pek çok faktörün en önemlisi de gelir seviyesidir demek yanlış olmayacaktır.

Tatlidil ve Aracıoğlu'nun 2009 yılı İzmir ili örnekleminde yapmış olduğu satın alma davranışları ve çevre ilişkisini inceleyen daha önce de atıfta bulunduğumuz çalışmanın bir diğer sonucu da gelir seviyesi arttıkça çevreye zarar vermeyen ürünler satın alma potansiyelinin arttığını göstermektedir. Benzer şekilde Duru ve Şua'nın 2013 yılında yapmış oldukları çalışmanın bir sonucu da ailelerin gelir düzeyleri arttıkça geri dönüşümlü çevre dostu ürün kullanımının ve çevre duyarlılığının arttığını göstermektedir. Tuik verileri aşağıdaki gibidir:

Tablo 4: Analize Dahil Edilen İllerin TUIK İllerde Yaşam Endeksi Verileri

	Gelir ve servet		Eğitim	
İl	Sıralama	Endeks	Sıralama	Endeks
Isparta	19	0,5267	2	0,7369
Kütahya	16	0,5461	20	0,6383
İstanbul	1	0,8788	56	0,5162
Afyonkarahisar	47	0,4148	48	0,5330
Bilecik	21	0,5179	25	0,6194
Eskişehir	14	0,5596	18	0,6409
Yalova	7	0,5873	5	0,6918
Bursa	18	0,5396	29	0,6048
Kocaeli	4	0,6290	39	0,5814
Burdur	44	0,4270	6	0,6829
Antalya	8	0,5838	16	0,6437

Kaynak: İllerde yaşam endeksi il sıralamaları ve endeks değerleri, 2015.

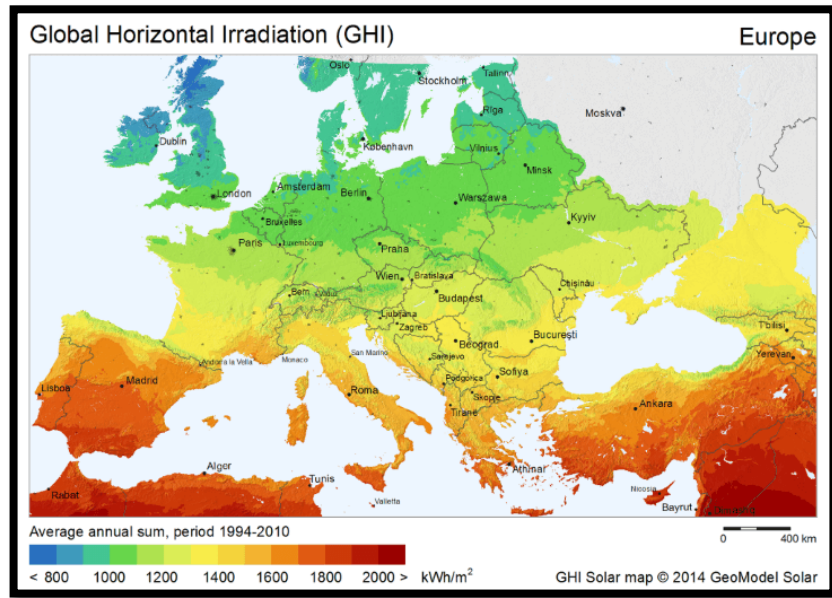
4.1.2. Bölgenin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Enerji üretiminde en yaygın yöntem fotovoltaik güneş panelleridir. Panellerden yüksek verim alabilmek için eğimli konumlandırma, güneşi takip eden hareketli tasarım, fazla ısınarak verim kaybı oluşmasını engellemek için havalandırma sistemi desteği, kirlenme- tozluluk azaltıcı önlemler, gölgelik alanlardan (ormanlar, yüksek binalar vb.) uzak kurulum, yansıyarak kaybedilen ışınların dahi soğurulması için ışın

tutucu özel malzemeler tercih edilmesi gibi yöntemler mevcuttur. Ancak bu fiziksel uygulamalar sabit bir yapıya güneş enerjisi sistemi kurulmak istendiğinde daha önemli olacaktır. İl bazında güneş enerjisi ile çalışan bir tesis kurulumu düşündüğümüzde bölgenin **ışınım şiddeti, yıllık güneşli gün sayısı, güneşlenme saati, bulutlu gün sayısı** gibi birtakım stratejik özelliklerinin uygun olması gerekmektedir (Sayın, Koç, 2011, 89-106).

4.1.2.1. Işınım Şiddeti

Dünyada güneş enerjisi kullanımının en çok ABD ve Çin’de olduğundan bahsetmiştik. Kurulu güneş enerjisi sistemleri açısından Avrupa lideri sayılabilecek ülke İse Almanya’dır (Alcan, Demir,Duman, 2018, 35-44).

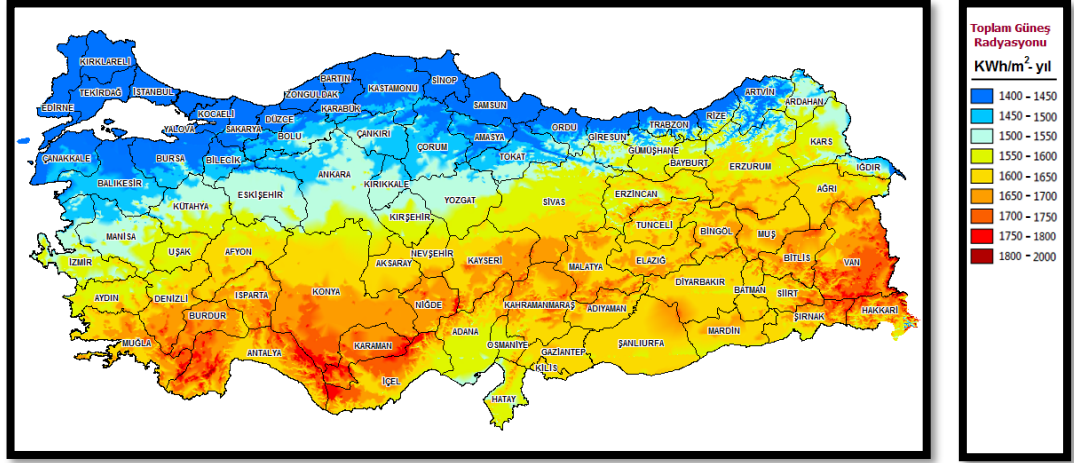


Şekil 20: Avrupa Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası

Kaynak: British Business Energy. 2016.World Solar PV Energy Potential Maps-Europe.[20.02.2019].

Avrupa’nın güneş enerjisi potansiyelini gösteren şekil 20’deki haritayı incelediğimizde coğrafi konumu itibarıyla ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli bakımından pek çok ülkeye göre daha şanslı konumda olduğunu görmekteyiz. Ancak Almanya konum olarak ülkemizden kuzeyde olması sebebi ile güneş ışınlarını bizden daha az alsa da kurdukları verimli sistemler ve yatırımlar ile lider olarak bize potansiyelimizin önemini bir kez daha göstermiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın hazırladığı Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA, [20.02.2019]) göre yıllık güneşlenme saati 2741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), yıllık

toplam güneş enerjisi 1527 kwh/m²yıl (günlük ortalama 4,18 kwh/m²gün) olarak belirlenmiştir. Ortalama yıllık enerji potansiyeli skalasına göre Avrupa lideri konumundaki Almanya'nın küresel güneş atlasına göre (Global Solar Atlas, [20.02.2019]) yıllık potansiyelinin ortalama 1000 kwh/m² olduğu görüldüğünden ülkemizin 1527 kwh/m² değerinin oldukça iyi bir potansiyel olduğu anlaşılmaktadır.

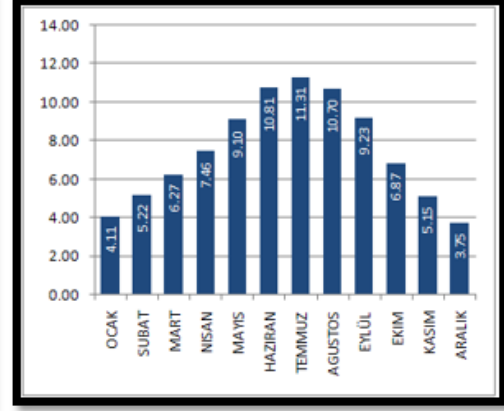
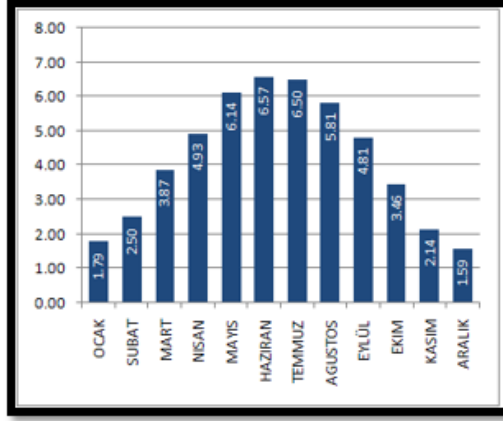


Şekil 21: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) Işınım Değerleri

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. GEPA. [20.02.2019].

Şekil 21'deki haritaya göre Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli il bazında incelenirse toplam güneş radyasyonu bakımından güney illerimizin daha yüksek potansiyele sahip olduğu görülmektedir.

Yine GEPA'ya göre (şekil 22) bir günde m² ye düşen en çok potansiyelin ve en uzun güneşlenme sürelerinin, dolayısıyla verimin en yüksek olacağı ayların: mayıs haziran temmuz olduğu, en düşük potansiyel ve güneşlenme sürelerinin ise aralık, ocak ve şubat aylarında olduğu görülmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü GEPA'yı hazırlarken modelde kullanılacak parametrelerin hesaplanması ve model kalibrasyonun yapılması için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) istasyonlarında 1985 - 2006 yıllarına ait ölçüm yapılan 21 yıllık saatlik güneş ölçüm değerlerinden faydalanmıştır.



Global Radyasyon Değerleri (KWh/m2-gün)

Güneşlenme Süreleri (Saat)

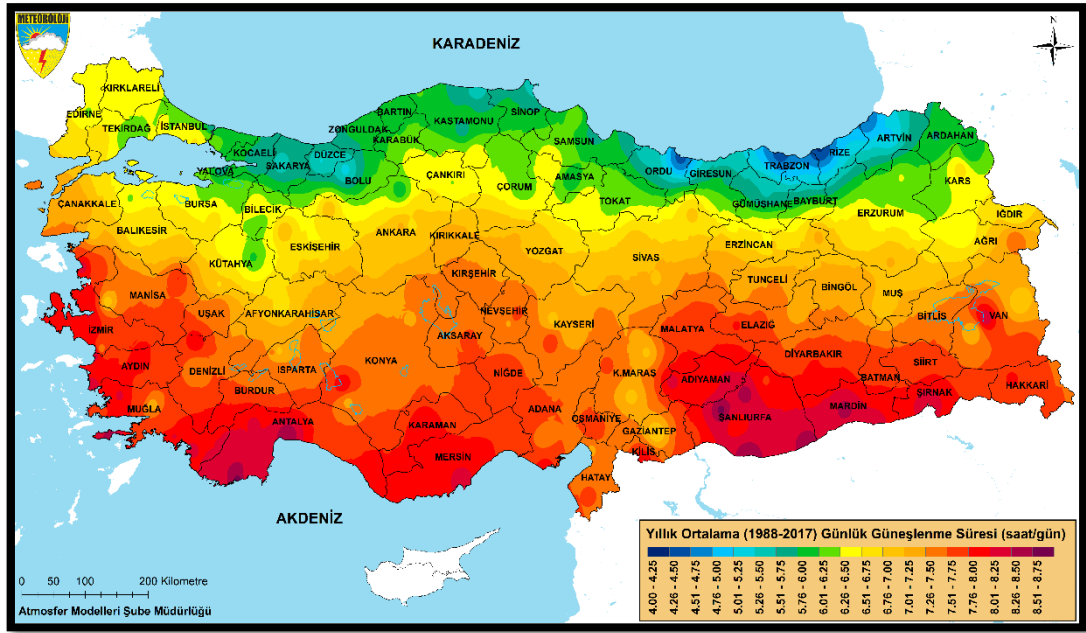
Şekil 22: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası Verileri (GEPA)

Kaynak: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. GEPA. [20.02.2019]

4.1.2.2. Yıllık Ortalama Güneşlenme Saati

“Türkiye için Güneşlenme süresi dağılımı çalışması, 1988-2017 yılları arası Meteoroloji Genel Müdürlüğü istasyonlarında ölçülen günlük toplam güneşlenme süresi verileri kullanılarak yapılmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü bünyesinde uzun yıllardır helyograf cihazı ile yapılan güneşlenme süresi ölçümleri, 2000’li yıllardan itibaren Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonlarına monte edilmiş güneşlenme süresi ölçer cihazlar ile sürdürülmektedir. Türkiye için hesaplanan, 1988-2017 yıllarına ait günlük toplam güneşlenme sürelerine göre, yıllık ortalama güneşlenme süresi en düşük 6,37 saat ile 1988 yılında, en yüksek güneşlenme süresi ise 7,30 saat ile 1990 yılında ölçülmüştür. İstasyonlardan alınan veriler kullanılarak; aylık, yıllık ve mevsimlik ortalama veriler elde edilmiş ve güneşlenme süresi dağılım haritaları, Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak oluşturulmuştur (Bilgi Notu, [20.02.2019]).”

Şekil 23 ülkemizin yıllık ortalama güneşlenme süresine göre illerimizin durumunu göstermektedir.



Şekil 23: Türkiye Ortalama Güneşlenme Süresi (1988-2017).

Kaynak: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü. [20.02.2019].

4.1.2.3. Yağışlı Gün Sayısı

Basit olarak bilindiği gibi yeryüzündeki suyun buharlaşarak yükselmesi ve yoğunlaşması sonucu bulutlar oluşur ve havadaki nem oranlarına bağlı olarak yağışlar meydana gelir. Bulutlu havalarda bulutluluk oranı arttıkça atmosfere ulaşan güneş ışınlarının bulutlara çarparak geri yansımaları artmaktadır. Yani yağışlı günlerde yeryüzüne ulaşan ışın oranı azalır demek yanlış olmayacaktır. Bu sebeplerle güneş panellerinin verimleri düşebilir. Yağmurlu havalarda da üretim yapan panel teknolojileri yok değildir ancak henüz gelişim aşamasındadır. Panel kurulacak bölgenin bulutlu gün sayısı enerji kapasitesini etkileyebileceğinden kriter olarak değerlendirilebilir ancak güneş panellerinde biriken tozlanmalar sebebiyle oluşan verim kayıpları da bilinen bir durumdur. Yağış alan panellerin temizlenerek daha verimli çalışması mümkünleşmektedir. Bu iki durumun birbirine eş etkisi olduğu kanısındayız. Bu sebeple güneş enerjisi ile çalışan şarj istasyonları için il bazında lokasyon belirlerken güneş enerjisi potansiyeli kriterini değerlendirirken; bulutlu gün sayısı anlamlı bir fark yaratamayabileceğinden, yüksek ağırlığı ışıyım şiddeti ve güneşlenme saati verilerine vererek değerlendirmemiz daha güvenilir olacaktır.

Biz de uygulamamızda güneş enerjisi potansiyeli değerlerini belirlerken ilin ışıyım şiddeti için Global Solar Atlas programından, illerin güneşli gün sayısı ve bulutlu gün

sayısı için meteorolojinin uzun dönemli (yaklaşık 30 yıl) ölçümler yaparak elde ettiği verilerden yararlanacağız. Meteoroloji Genel Müdürlüğünün yayınladığı istatistiksel veriler ek 1 'de gösterilmiştir. Şu halde güneşlenme sürelerinin ve ışınlam şiddetinin yüksek yağışlı gün sayısının düşük olması için illeri üç yönlü kıyaslayabiliriz.

Tablo 5: İllerin Güneş Enerjisi Potansiyeli Verileri

İLLER	YILLIK ORTALAMA GÜNEŞLENME SÜRESİ (SAAT)	YILLIK ORTALAMA YAĞIŞLI GÜN SAYISI	YILLIK IŞINIM ŞİDDETİ (KWH)
KOCAELİ	61.3	140	1275
YALOVA	60.1	119.2	1326
BURSA	71	111	1346
BİLECİK	76.5	114.8	1382
KÜTAHYA	66.2	115.5	1458
AFYONKARAHİSAR	76.6	110.5	1505
ESKİŞEHİR	79.4	104.1	1483
BURDUR	82.5	87.1	1658
ISPARTA	88.3	94.1	1620
KONYA	86.5	83.1	1607

Kaynak: Global Solar Atlas [20.02.2019], Meteoroloji Genel Müdürlüğü İllere Ait Mevsim Normalleri, [20.02.2019].

4.1.3. Otomobillerin Menzil Özellikleri

Tamamen elektrikli olarak adlandırılan otomobiller firmaların üretim standartlarına göre batarya kapasitelerine bağlı olarak tek şarjla gidilebilen menzil açısından çeşitlilikler göstermektedir. Hibrit otomobiller ve yakıt hücresi elektrikli otomobillerin menzil sıkıntısı olmadığından çalışmamızda model olarak kıyaslamaya alınmayacaklardır. Dünyada en çok satılan elektrikli araç modelleri baz alınarak ortalama menzil uzunluğu belirlenecek böylece araçların sık sık durmak yerine en verimli mola verebilecekleri istasyon yeri belirlenmeye çalışılacaktır. Böylece gereksiz istasyon yaparak maliyetin artması da önlenilecektir.

Türkiye Otomotiv Distribütörleri Derneği'nin her yıl yayınladığı sektörel değerlendirme raporları otomotiv pazarı ve satış rakamları hakkında bilgi vermektedir. 2018 yılı aralık ayı raporunu incelediğimizde genel otomobil satışlarının 2017 aralık ayına göre yaklaşık %33 oranında azaldığını görmekteyiz. Ancak elektrikli otomobil bazında incelendiğinde iyi yönlü gelişmeler olduğu da görülmektedir. 2017 aralık ayı itibariyle 42 adet satıldığı görülen 85kw altı elektrikli otomobil sayısının 80'e, 121kw üstü elektrikli otomobil sayısının 35'ten 75'e çıktığı görülmektedir. Otomotiv pazarının satılan araçların kasa tiplerine göre de kıyaslandığı bu raporda en çok tercih edilen gövde tipinin sedan tipi otomobiller olduğu hemen arkasından da sırasıyla Hatchback ve SUV (sport utility vehicle) olarak adlandırılan modellerin geldiği görülmektedir (Sektörel Değerlendirme Aralık, [25.02.2019]). Bilindiği gibi sedan tipi; 2 veya 5 kapılı, en az 4 oturma yeri olan, geniş ailelerin uzun yolculukları için uygun geniş gövde ve bagaj alanları tasarımları sayesinde tercih sebebi olan modeller iken, Hatchback tipi ise 3 veya 5 kapılı, 4 veya daha fazla oturma yerine sahip, daha kısa ve dar gövde yapısı sebebiyle sedan otomobillere kıyaslandığında uzun yolculuklar için daha az konforlu ise de şehir içi trafikte kullanım ve park kolaylığı sağlayabilen modellerdir. SUV yani arazi tipi araçlar olarak bilinen 4 çekişli otomobiller ise şehir içi kullanım için tasarlanmasa da kullanıcıları arasında prestij kattığı inancı yaygın olduğundan ve spor tasarımları sebebiyle tercih edilen modellerdir. Bu rapordan yola çıkarak; tamamen elektrikli otomobiller içinde menzil ölçümü yapılacak otomobiller seçilirken Türk aile tipine de daha uygun olacağından, Renault Twizy gibi iki kişilik elektrikli otomobiller yerine; sedan, hatchback tipi ve SUV tipi modelleri sıralamaya almak daha doğru olacaktır. Dünya'da en yaygın kullanılan 10 marka ve 15 model otomobilin özelliklerini aşağıdaki tablo 6'da görebiliriz.

Tablo 6: Elektrikli Otomobiller Ve Özellikleri

MARKA	MODEL	EMİSYON (%)	PİL TÜRÜ	MENZİL KULLANICI ORTALAMASI (km)	BATARYA KAPASİTESİ (kwh)	
RENAULT	ZOE	0	lityum iyon	200 (kış) 300 (yaz)	41	hatchback
BMW	i3 (94ah)	0	lityum iyon	200	33,2	hatchback
BMW	i3s (94ah)	0	lityum iyon	200	33,2	hatchback
BMW	i3(120ah)	0	lityum iyon	260	33,2	hatchback
BMW	i3s (120ah)	0	lityum iyon	260	33,2	hatchback
TESLA	MODEL S	0	lityum iyon	506	100	SUV
TESLA	MODEL X	0	lityum iyon	465	100	SUV
JAGUAR	İ PACE S	0	lityum iyon	470	90	SUV
NİSSAN	LEAF	0	lityum iyon	370	40	SUV
VOLKSWAGEN	E GOLF	0	lityum iyon	231	32	hatchback
CHEVROLET	BOLT EV	0	lityum iyon	383	60	hatchback
DMA COROLLA	Basic	0	lityum iyon	280	36	sedan
DMA COROLLA	Plus	0	lityum iyon	400	53	sedan
AUDİ	E-TRON	0	lityum iyon	400	95	SUV
KİA	Soul EV	0	lityum iyon	178	30	SUV

Kaynak: Otomobillerin özellikleri için firmaların kendi internet siteleri baz alınmıştır. Kaynakça’da belirtilmiştir. [19.04.2019].

BMW modellerinde görülen Ah kavramını açıklamak gerekirse teknik olarak şu şekilde anlatmak mümkündür. “Tekrar şarj edilebilir lityum iyon pillerde verim, kapasite ile belirlenir. Hücrede aktif olan malzeme miktarı ile belirlenen kapasite, tam olarak şarj edilmiş bir pilden belirli deşarj koşulları altında elde edilen toplam amper saat (Ah) olarak tanımlanır. (Polat, Keleş, 2012, 42-48). Yani BMW 4 modelin kapasite farkları olan modeller olduğu anlaşılmaktadır.

Üretici firmaların uluslararası ölçüm standartları kullanarak belirledikleri bu menzil uzunluklarının, kullanıcı profili devreye girdiğinde; pil ömrünü olumsuz etkileyen fiziksel durumlar, kullanım tarzı, yoğun trafik gibi faktörler sebebiyle birebir olmadığı değişiklik gösterdiği bilinmektedir. Görüldüğü gibi üretilmiş her model batarya kapasitesine bağlı olarak menzilde farklılıklar göstermektedir. Menzil uzunluğu kriterini oluştururken; belirlediğimiz 10 markanın 15 değişik modelinin, ilan edilmiş menzil uzunluklarının ortalamasını alarak iki şehir arasında uygun noktaya istasyon kurulması fikri ile yola çıktığımızda, ortalama olarak belirlenecek uzaklığın gerçekçi bir seçim olabilmesi için ortalamayı etkileyecek durumları göz önünde bulundurmanız gerekmektedir. Bu durumları; ortalama değerin altında kalan otomobil modellerinin istasyonları kullanamaması ve otomobil bataryalarında yaşanabilecek verim kayıpları sebebiyle ortalamanın üstündekilerin dahi istasyonlara ulaşmadan şarj bitimi yaşaması olarak özetlemek mümkündür. O halde ortalama bir değer yerine seçmiş olduğumuz araçlardan en düşük menzile sahip olanı üst sınır olarak almamız uygun olacaktır. Bu çalışmada Kia Niro’nun optimal koşullarda kullanıldığı ölçümle elde edilmiş 178 km menzilin iki istasyon arası uygun uzaklık olarak seçilmesi verimli olacaktır. Ancak bu uzaklığın da ne kadar gerçekçi olduğu sorgulanmalıdır. Lityum iyon piller daha önce de değindiğimiz gibi saklanma ve kullanım sıcaklıklarına bağlı olarak zamanla performans kayıpları yaşayabilen kimyasal yapılardır. Bu çalışmada optimal şekilde kullanılan otomobiller düşünülerek Elektrikli otomobil motorlarının %80 civarı verimle çalıştığından da bahsetmiştik. Bu sebeple bir elektrikli otomobilin batarya kapasitesi ve dolayısıyla belirlenen menzil uzunluğu da ilk günkü gibi kalmayacaktır. Aynı oranda azalacağını varsayarsak istasyon yeri için sınır olarak belirlemiş olduğumuz Kia Niro’nun ölçülmüş menzil uzunluğunun karşılanabilmesi için %20 kadar azaltılması uygun görünmektedir. Sonuç olarak bütün bu durumlar birlikte incelendiğinde en uygun uzaklığın 140 km olması gerekmektedir. 140 km uzunluğa göre illerin kıyaslanması uygun olacaktır.

Karayolları haritasına göre İstanbul'dan yola çıkan bir otomobil kullanıcısı en kısa yol güzergahını belirleyerek Antalya'ya varmak istediğinde Karayolları Genel Müdürlüğünün (KGM) belirlediği rota şekildeki gibidir:



Şekil 24: Karayolları En Kısa Yol Güzergah Analizi

Kaynak: Karayolları Genel Müdürlüğü. Güzergah Analizi. [06.03.2019]

Buna bağlı olarak uğrayabileceği illerin birbirlerine uzaklıkları kıyaslanarak istasyon yerleri belirleyebiliriz. Kullanıcının uğrayabileceği illerin birbirine göre km cinsinden uzaklıkları yine KGM'nin yayınladığı İller Arası Mesafe Cetveli yardımıyla tablo 7'de görülebilir.

Tablo 7: İller Arası Mesafe Cetveli

İL ADI	AFYONKAR	ANTALYA	BİLECİK	BURDUR	BURSA	ESKİŞEHİR	ISPARTA	İSTANBUL	KOCAELİ	KÜTAHYA	YALOVA
AFYON KARAHİSAR		291	212	169	277	144	168	453	343	100	341
ANTALYA	291		475	122	540	423	130	716	606	363	604
BİLECİK	212	475		353	95	83	352	246	136	112	129
BURDUR	169	122	353		418	301	51	594	484	241	482
BURSA	277	540	95	418		152	417	242	132	177	69
ESKİŞEHİR	144	423	83	301	152		300	324	214	78	212
ISPARTA	168	130	352	51	417	300		593	483	240	481
İSTANBUL	453	716	246	594	242	324	593		110	353	175
KOCAELİ	343	606	136	484	132	214	483	110		243	65
KÜTAHYA	100	363	112	241	177	78	240	353	243		241
YALOVA	341	604	129	482	69	212	481	175	65	241	

Kaynak: Karayolları Genel Müdürlüğü. İller Arası Mesafeler Cetveli. [07.03.2019].

Bölge bölge iller değerlendirilecek il seçimi yapıldıktan sonra 2. istasyon yeri için süreç baştan alınacaktır.

4.2. AHP Uygulama Adımları

4.2.1. 1.Bölge; Kocaeli-Yalova-Bursa:

Gelir Seviyelerine Göre;

İstanbul'dan yola çıkan bir otomobil kullanıcısının Antalya yönüne hareketinden itibaren inceleyeceğimiz ilk bölge İstanbul çıkış istikametindeki üç ilimiz olan Kocaeli Yalova ve Bursa'nın AHP yardımı ile karşılaştırılacağı bölgedir. Üç ilin gelir seviyelerine göre kıyaslaması yapılırken TUİK İllerde Yaşam Endeksi Değerleri'nden yararlanılacaktır.

Tablo 8: 1. Bölge Gelir Seviyesi Kriteri Endeks Değerleri

	Gelir ve Servet	
İl	Sıralama	Endeks
Kocaeli	4	0,6291
Yalova	7	0,5873
Bursa	18	0,5396

Kaynak: İllerde yaşam endeksi il sıralamaları ve endeks değerleri, 2015.

Endekse göre üç ilimizin sıralaması ve endeks puanı tabloda görülmektedir. Bu değerler baz alınarak bölgenin gelir seviyesi kriterini değerlendirmek için sırasıyla AHP adımlarını uygulayalım. İlk karşılaştırma adımları detaylı olarak verilecek, işlem daha sonra tablolar halinde özetlenecektir.

1.Adım olarak illere verdiğimiz önem dereceleri ile oluşan A matrisi şu şekildedir:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 9 \\ 0,25 & 1 & 5 \\ 0,11 & 0,20 & 1 \end{pmatrix}. \text{ Önem dereceleri ayrıca tablo 9 'da görülebilir.}$$

Tablo 9: 1. Bölge Gelir Seviyesi Kriteri Önem Dereceleri

	Önem Dereceleri		
İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA
KOCAELİ	1	4,00	9
YALOVA	0,25	1	5
BURSA	0,11	0,20	1

1. Adım olan normalizasyon için hatırlatma: Önem dereceleri belirlendikten sonra normalize edilmiş vektör elemanları hesaplama formülü:

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3.2) \text{ kullanılarak B sütun vektörleri oluşturulur.}$$

$$B_i = \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \vdots \\ \vdots \\ b_{n1} \end{pmatrix} ; \text{ sütun vektörlerinin birleşimi normalize edilmiş matrisi}$$

oluşturur.

Şu halde;

$$B_1 = \begin{pmatrix} 0,734694 \\ 0,183673 \\ 0,081633 \end{pmatrix}, \quad B_2 = \begin{pmatrix} 0,769231 \\ 0,192308 \\ 0,038461 \end{pmatrix}, \quad B_3 = \begin{pmatrix} 0,6 \\ 0,33 \\ 0,06 \end{pmatrix}$$

Oluşan sütun vektörleri bir araya geldiğinde normalize edilmiş matrisi oluşturur. C ile temsil edilsin.

$$C = \begin{pmatrix} 0,734694 & 0,769231 & 0,6 \\ 0,183673 & 0,192308 & 0,33 \\ 0,081633 & 0,038461 & 0,06 \end{pmatrix}$$

2. Adım olan öncelikler vektörünün elde edilmesi için hatırlatma: Öncelikler vektörü işlem sonunda yüzde ağırlıklar olarak seçilecek kriteri gösterecektir.

W ile gösterilen **öncelik vektörü** hesaplanırken $w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n}$ (3.3) formülü kullanılacak yani C matrisinin satır ortalamaları alınacaktır.

$$W = \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{0,734694+0,769231+0,6}{3} \\ \frac{0,183673+0,192308+0,33}{3} \\ \frac{0,081633+0,038461+0,06}{3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,70130822 \\ 0,23643817 \\ 0,06225362 \end{pmatrix} \text{ olarak hesaplanacaktır.}$$

Şu halde değerlendirme sonuçlandığında 1. faktör olan Kocaeli yaklaşık %70, 2. faktör Yalova %24, 3. faktör Bursa % 6 oranında öneme sahip olacaktır.

3. Adım olarak yapılan kıyaslamanın tutarlılığının ölçülmesi gerekmektedir. Tutarlılık oranı $CR \leq 0.10$ olduğunda kıyaslamanın tutarlı olduğundan söz edilebilir. Daha önce bahsedildiği gibi CR hesaplayabilmek için CI, RI ve λ_{MAX} hesaplanmalıdır. λ_{MAX} hesaplayabilmek için W öncelikler vektörü ile A karşılaştırmalar matrisinin çarpılması gerekmektedir. Elde edilecek vektörü D ile temsil edelim.

$$\begin{aligned}
\mathbf{D} &= \mathbf{A} * \mathbf{W} \text{ (3.4) ile sonuç } \mathbf{D} = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 9 \\ 0,25 & 1 & 5 \\ 0,11 & 0,20 & 1 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 0,70130822 \\ 0,23643817 \\ 0,06225362 \end{pmatrix} = \\
&= 0,70130822 * \begin{pmatrix} 1 \\ 0,25 \\ 0,11 \end{pmatrix} + 0,23643817 * \begin{pmatrix} 4 \\ 1 \\ 0,20 \end{pmatrix} + 0,06225362 * \begin{pmatrix} 9 \\ 5 \\ 1 \end{pmatrix} = \\
&= \begin{pmatrix} 2,20734345 \\ 0,72033316 \\ 0,0187464387 \end{pmatrix} \text{ bulunur.}
\end{aligned}$$

$\mathbf{D} = \begin{pmatrix} 2,20734345 \\ 0,72033316 \\ 0,0187464387 \end{pmatrix}$ şeklinde elde edilen D vektörünün elemanlarını W vektörünün elemanlarına bölerek E olarak temsil edeceğimiz son vektörden λ_{MAX} elde edilir. E vektörünün elde edilmesini formül ile göstermek istersek; $E_i = \frac{D_i}{W_i}$ (i=1,2,...,n) (3.5) şeklinde olacaktır.

$$\mathbf{E} = \begin{pmatrix} 3,147466 \\ 3,058023 \\ 3,011301 \end{pmatrix} \text{ elde ettiğimiz bu vektörün elemanlarının } \mathbf{ortalaması} \text{ bize } \lambda_{\text{MAX}}$$

değerini verir. Formül olarak gösterildiğinde; $\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$ (3.6) olarak ifade edilebilir.

Şu halde $\lambda_{\text{MAX}} = 3,072263$ 'dir.

Tutarlılık oranı hesaplanırken en uzun süren işlem λ_{MAX} hesaplamasıdır. Uyum indeksi olan CI için formül (3.3) kullanılır.

$$\text{CI} = \frac{(\lambda_{\text{MAX}} - n)}{(n-1)} \text{ (3.8) idi. Şu halde } \text{CI} = \frac{3,072263-3}{3-1} = 0,036132 \text{ olacaktır.}$$

$$\text{Son adım olan CR} = \frac{\text{CI}}{\text{RI}} \text{ (3.7) ile sonuç } \text{CR} = \frac{0,036132}{0,58} = 0,062296$$

(Rassal indeks tablosu daha önce verilmişti. N=3 için RI=0,58 olarak görülmektedir.)

AHP analiz sonucu aşağıdaki tablo 10'da özet olarak görülebilir. Uygulamanın devamı özet tablolar üzerinden gösterilecektir.

Tablo 10: 1. Bölge Gelir Seviyesi Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris			
İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA	İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA
KOCAELİ	1	4	9	KOCAELİ	0,734694	0,769231	0,6
YALOVA	0,25	1	5	YALOVA	0,183673	0,192308	0,333333
BURSA	0,11	0,2	1	BURSA	0,081633	0,038462	0,066667
W Öncelikler Vektörü	Tüm Öncelikler Matrisi						
	İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA	E Vektörü	Λ_{MAX}	
	0,701308	KOCAELİ	0,701308	0,945753	0,560283	3,147466	CI
	0,236438	YALOVA	0,175327	0,236438	0,311268	3,058023	RI
	0,062254	BURSA	0,077923	0,047288	0,062254	3,011301	CR

Bulunan tutarlılık oranı $CR=0,062296$ değeri 0,10 ‘dan küçük bulunduğundan yapılan karşılaştırmalardaki tutarlılıklar kabul edilebilir sınırlardadır sonucuna ulaşılabilir. Sonuç olarak gelir seviyesi kriterine göre Kocaeli Yalova ve Bursa illerini karşılaştırdığımızda öncelikler vektörünün sonucunda görülen %70 oranıyla en yüksek öneme sahip olan ilimiz Kocaeli İstasyon kurulumu için uygun konumdadır.

Eğitim Seviyelerine Göre;

Önem dereceleri verirken yararlanacağımız TUIK endeks değerleri tablo 11’dedir.

Tablo 11: 1. Bölge Eğitim Seviyesi Kriteri Endeks Değerleri

İl	Eğitim	
	Sıralama	Endeks
Kocaeli	39	0,5815
Yalova	5	0,6918
Bursa	29	0,6048

Kaynak: İllerde yaşam endeksi il sıralamaları ve endeks değerleri, 2015.

Endeks değerlerine göre AHP işlem sonuçlarını tablo 12’de görebiliriz:

Tablo 12: 1. Bölge Eğitim Seviyesi Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris			
İLLER	AFYON	İSPART A	BURDUR	İLLER	AFYON	İSPART A	BURDU R
AFYON	1	0,142857	0,333333	AFYON	0,734694	0,769231	0,6
İSPARTA	7	1	5	İSPARTA	0,183673	0,192308	0,333333
BURDUR	3	0,2	1	BURDUR	0,081633	0,038462	0,066667
W Öncelikler Vektörü	Tüm Öncelikler Matrisi						
	İLLER	AFYON	İSPART A	BURDUR	E Vektörü	λ_{MAX}	3,037336
0,70130822	AFYON	0,075284	0,088929	0,062176	3,007128	CI	0,018668
0,23643817	İSPART A	0,677558	0,800365	0,994809	3,089506	RI	0,58
0,06225362	BURDUR	0,150568	0,100046	0,124351	3,015373	CR	0,032186

Tablo 12’de görülen tutarsızlık oranı $CR = 0,032186 \leq 0,10$ olduğundan hesaplardaki tutarsızlık kabul edilebilir düzeylerdedir. W öncelik vektöründeki sonuçları yorumlarsak Yalova ilinin yaklaşık %80 oranında baskın olduğu görülmektedir. Yalova’yı %12 ile Bursa, %8 ile Kocaeli takip etmektedir. Sonuç olarak istasyon kurulumu için illeri yaşayan insanların eğitim seviyelerine göre karşılaştırmak istediğimizde Yalova ilinin uygun olduğu ortaya çıkmaktadır.

Güneş Potansiyeline Göre;

Bir ilin güneş enerjisi potansiyelini belirlerken önemli olan üç değişken vardır. Bunlar ilin yıllık güneşlenme saati, güneş ışıınım şiddeti ve bulutluluk oranı açısından fikir vermesi sebebiyle yağışlı gün sayısıdır. Meteorolojik verilere göre oluşturduğumuz tablo 5 baz alınarak oluşturulmuş yıllık **güneşlenme saati, ışıınım şiddeti ve yağışlı gün sayısı kriterleri için** öncelikler matrisi ve sonuçları devam eden tablolarda (13,14,15) görülebilir.

Güneş potansiyeli kriterinin alt kriteri olan ışıınım şiddetine göre analiz sonuçları tablo 13'te görülebılır.

Tablo 13: 1. Bölge Yıllık Güneşlenme Saati Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris				
İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA	İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA	
KOCAELİ	1	2	0,142857	KOCAELİ	0,1176471	0,166667	0,1139241	
YALOVA	0,5	1	0,111111	YALOVA	0,0588235	0,083333	0,0886076	
BURSA	7	9	1	BURSA	0,8235294	0,75	0,7974684	
W Öncelikler Vektörü	D= A*W Tüm Öncelikler Matrisi							
	İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA	E vektörü	Λ_{MAX}	3,021876	
	0,13274593	KOCAELİ	0,13275	0,153843	0,112905	3,00946	CI	0,010938
	0,07692149	YALOVA	0,06637	0,076921	0,087815	3,004481	RI	0,58
	0,79033259	BURSA	0,92922	0,692293	0,790333	3,051687	CR	0,018859

Tutarsızlık oranı $CR = 0,018859 \leq 0,10$ olduğundan hesaplardaki tutarsızlık kabul edilebilir düzeylerdedir. W öncelik vektöründeki sonuçları yorumlarsak Bursa ilinin yaklaşık %79 oranında baskın olduğu görülmektedir. Bursa'yı %13 ile Kocaeli, %7 ile Yalova takip etmektedir. Sonuç olarak istasyon kurulumu için illeri, güneş potansiyelini belirlemek için yıllık güneşlenme saati ortalamalarına göre karşılaştırmak istediğimizde Bursa ilinin uygun olduğu ortaya çıkmaktadır.

Güneş potansiyelinin ikinci bileşeni olan **yağışlı gün sayısı** bakımından kıyaslama için yine tablo 5'teki meteorolojik veriler ile oluşturulmuş öncelikler matrisi ve AHP sonuç 14 tablosuna bakarsak; % 65 ortalama ile Bursa'nın baskın konumda olduğunu görüyoruz.

Tablo 14: 1. Bölge Yağışlı Gün Sayısı Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris				
İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA	İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA	
KOCAELİ	1	0,166667	0,111111	KOCAELİ	0,0625	0,04	0,0769231	
YALOVA	6	1	0,333333	YALOVA	0,375	0,24	0,2307692	
BURSA	9	3	1	BURSA	0,5625	0,72	0,6923077	
W Öncelikler Vektörü	D= A*W Tüm Öncelikler Matrisi							
	İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA	E Vektörü	Λ_{MAX}	3,054092	
	0,05980769	KOCAELİ	0,059808	0,046987	0,073141	3,008574	CI	0,027046
	0,28192308	YALOVA	0,358846	0,281923	0,219423	3,05116	RI	0,58
	0,65826923	BURSA	0,538269	0,845769	0,658269	3,102542	CR	0,046631

Güneş potansiyelinin üçüncü ve son bileşeni olan **bölgenin ışıınım şiddeti** bakımından kıyaslama için yine tablo 5'teki küresel güneş atlası kullanılarak oluşturulmuş öncelikler matrisi ve AHP sonuç tablolarına bakarsak; % 60 ortalama ile yine Bursa'nın baskın konumda olduğunu görüyoruz (tablo 15).

Tablo 15: 1. Bölge Işınım Şiddeti Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi			Normalize Edilmiş Matris					
İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA	İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA	
KOCAELİ	1	0,17	0,11	KOCAELİ	0,0625	0,052632	0,068966	
YALOVA	6	1	0,5	YALOVA	0,375	0,315789	0,310345	
BURSA	9	2	1	BURSA	0,5625	0,631579	0,62069	
W Öncelikler Vektörü	D= A*W Tüm Öncelikler Matrisi							
	İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA	E vektörü	Λ_{MAX}	3,009215	
	0,0613657	KOCAELİ	0,061366	0,055619	0,067214	3,001643	CI	0,004607
	0,3337114	YALOVA	0,368194	0,333711	0,302461	3,009687	RI	0,58
	0,6049229	BURSA	0,552291	0,667423	0,604923	3,016314	CR	0,007944

Menzil Uzunluğuna Göre;

Batarya kapasiteleri ortalaması alınarak ve en düşük menzile sahip otomobil baz alındığında oluşabilecek güç kayıpları da göz önüne alınarak iki istasyon arası uzaklığın 140 km civarında olmasının uygun olacağını belirlemiştik. Bu sebeple ilk çıkış noktası olarak İstanbul merkez ilçelerinden Kadıköy ‘den hareketle Antalya yönüne hareket edecek bir elektrikli otomobil için incelediğimiz ilk şarj dolum istasyonu adaylarından Kocaeli, Yalova ve Bursa illerini KGM’nin iller arası mesafe cetveli yardımıyla incelemesinin yapılarak ve AHP süreci için öncelikler matrisi oluşturulması gerekmektedir.

Cetvele göre; İstanbul –Kocaeli arası:110 km, İstanbul-Yalova arası:177 km, İstanbul-Bursa arası: 242 km olarak görüldüğünden oluşturulan öncelikler matrisi ve işlemler sırasıyla tablo 16’daki gibi olacaktır.

Tablo 16: 1. Bölge Menzil Uzunluğu Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris			
İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA	İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA
KOCAELİ	1	3	9	KOCAELİ	0,692308	0,724138	0,529412
YALOVA	0,333333	1	7	YALOVA	0,230769	0,241379	0,411765
BURSA	0,111111	0,142857	1	BURSA	0,076923	0,034483	0,058824
W Öncelikler Vektörü	D= A*W Tüm Öncelikler Matrisi						
	İLLER	KOCAELİ	YALOVA	BURSA	E vektörü	Λ _{MAX}	3,081296
	KOCAELİ	0,648619	0,883913	0,5106881	3,150108	CI	0,040648
	YALOVA	0,216206	0,294638	0,3972019	3,081906	RI	0,58
	BURSA	0,072069	0,042091	0,0567431	3,011872	CR	0,070082

Tutarsızlık oranı $CR = 0,07 \leq 0,10$ olduğundan karşılaştırmadaki tutarsızlık kabul edilebilir düzeydedir. Bu sebeple W vektörü sonuçlarına bakılarak Kocaeli ilinin mesafeler yönünden yaklaşık % 65 oranında diğer alternatiflere baskın olduğu söylenebilir.

Her kritere göre farklı il, özelliklerine göre ağır basacağından, AHP sürecinin belirleyici olabilmesi için kriterlerin kendi arasında da kıyaslanması gerekmektedir. Güneş potansiyelinin menzil uzunluğuna, menzil uzunluğunun da demografik özelliklere ağır bastığı görüşündeyiz. Bu görüşle oluşturulan öncelikler matrisi ve AHP sonuçları tablo 17'deki gibidir:

K1: Güneş Enerjisi Potansiyeli (Işınım Şiddeti-Yağışlı Gün Sayısı, Yıllık Güneşlenme Saati)

K2: Menzil Uzunluğu

K3: Demografik Özellikler (Eğitim Seviyesi- Gelir Seviyesi) olmak üzere;

Tablo 17: Ana Kriterlerin AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Vektörü				Normalize Edilmiş Matris			
KRİTERLER	K1	K2	K3	KRİTERLER	K1	K2	K3
K1	1	5	9	K1	0,76271 2	0,78947 4	0,69230 8
K2	0,2	1	3	K2	0,15254 2	0,15789 5	0,23076 9
K3	0,11	0,33	1	K3	0,08474 6	0,05263 2	0,07692 3
W Öncelikler Vektörü	Tüm Öncelikler Matrisi						
	KRİTERLER	K1	K2	K3	E Vektörü	Δ_{MAX}	3,02927 7
0,748164	K1	0,74816 4	0,90201 1	0,642901	3,06493 6	CI	0,01463 9
0,180402	K2	0,14963 3	0,18040 2	0,2143	3,01734 5	RI	0,58
0,071433	K3	0,08312 9	0,06013 4	0,071433	3,00555	CR	0,02523 9

Yapılan karşılaştırma sonucu tutarlılık oranı $CR=0,025239$ olarak belirlenmiştir. Tutarlılık oranı kabul edilebilir sınırlar içerisindedir. Yaklaşık %75 ortalama ile (K1) güneş potansiyeli kriteri en önemli kriter olmuştur. İstasyonlar arası uzaklığın belirlenmek istendiği menzil kriteri (K2) %18 ile ikinci, eğitim ve gelir seviyesinden oluşan demografik özellikler (K3) ise istasyon yeri belirlemede %7 oranı ile 3. önemli kriterler olmuşlardır.

Güneş potansiyeli kriterine göre daha önce yapılan karşılaştırmaların sonucunda Bursa ili; değerlendirilen her üç alt kritere göre de (ışınım şiddeti, yıllık ortalama güneşli gün sayısı, yağışlı gün sayısı) karşılaştırmalarda 1. öncelik sırasına sahip olduğundan üç alt kriter bu aşamada tekrar kıyaslanmayacaktır. Karşılaştırma sonucu 1. Bölge olarak

belirlediğimiz Kocaeli-Yalova-Bursa illeri arasından ilk istasyon yerinin Bursa ili sınırlarında seçilmesi uygun bulunmuştur. 1.bölge için sonuç özeti tablo 18’de görülebilir.

Tablo 18: 1.Bölge AHP Sonuç Tablosu

Kriterler	Alt Kriterler	Seçilen Alternatif (İl)	Belirlenen İstasyon Yeri
Güneş Enerjisi Potansiyeli	Işınım Şiddeti	BURSA	BURSA
	Güneşlenme Saati	BURSA	
	Yağışlı Gün Sayısı	BURSA	
Menzil Uzunluğu	---	KOCAELİ	
Demografik Özellikler	Eğitim Seviyesi	YALOVA	
	Gelir Seviyesi	KOCAELİ	

İkinci istasyon yeri için Bursa’da şarj dolumunu yapan elektrikli otomobil kullanıcılarının uğrayabileceği üç il AHP yöntemi ile karşılaştırılarak süreç tekrarlanacak ve uygun yer belirlenecektir. KGM yol haritasına bakıldığında Bursa’dan hareket eden bir kullanıcının uğrayabileceği iller Kütahya, Eskişehir ve Afyon’dur.

4.2.2. 2.Bölge Kütahya-Eskişehir-Afyon

Eğitim Seviyelerine Göre;

Önem dereceleri verirken yararlanacağımız TUIK endeks değerleri tablodadır.

Tablo 19: 2. Bölge Eğitim Seviyesi Kriteri Endeks Değerleri

	Eğitim	
İl	Sıralama	Endeks
Bilecik	25	0,6194
Kütahya	20	0,6383
Eskişehir	18	0,6409

Kaynak: İllerde yaşam endeksi il sıralamaları ve endeks değerleri, 2015.

Buna göre işlem adımlarını izleyen tablo 20 aşağıdaki gibidir:

Tablo 20: 2. Bölge Eğitim Seviyesi Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris			
İLLER	BİLECİK	KÜTAHYA	ESKİŞEHİR	İLLER	BİLECİK	KÜTAHYA	ESKİŞEHİR
BİLECİK	1	0,333333	0,2	BİLECİK	0,111111	0,1	0,117647
KÜTAHYA	3	1	0,5	KÜTAHYA	0,333333	0,3	0,294118
ESKİŞEHİR	5	2	1	ESKİŞEHİR	0,555556	0,6	0,588235
W Öncelikler Vektörü	D=A*W Tüm Öncelikler Matrisi						
	İLLER	BİLECİK	KÜTAHYA	ESKİŞEHİR	E Vektörü	ΛMAX	3,003696
0,109586	BİLECİK	0,109586	0,10305	0,116253	3,001193	CI	0,001848
0,30915	KÜTAHYA	0,328758	0,30915	0,290632	3,003524	RI	0,58
0,581264	ESKİŞEHİR	0,54793	0,618301	0,581264	3,006372	CR	0,003186

CR tutarlılık oranı 0,003186 değeri ile literatürde kabul edilen tutarlılık sınırları içerisinde olduğundan ($CR \leq 0,10$ olmalı) yapılan karşılaştırma tutarlıdır. İncelediğimiz ikinci bölge illerinden eğitim seviyesi kriterine göre istasyon yeri seçimi hususunda en uygunu %58 ortalama ile **Eskişehir**'dir. Eskişehiri %30 ile Kütahya, %10 ile Bilecik takip etmektedir.

Gelir Seviyelerine Göre;

Önem dereceleri verirken yararlanacağımız TUIK endeks değerleri tablo 21 'dedir.

Tablo 21: 2. Bölge Gelir Seviyesi Kriteri Endeks Değerleri

İl	Gelir ve Servet	
	Sıralama	Endeks
Bilecik	21	0,5179
Kütahya	16	0,5461
Eskişehir	14	0,5596

Kaynak: İllerde yaşam endeksi il sıralamaları ve endeks değerleri, 2015.

Buna göre işlem adımlarını izleyen tablo 22 aşağıdaki gibidir:

Tablo 22: 2. Bölge Gelir Seviyesi Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris				
İLLER	BİLECİK	KÜTAHYA	ESKİŞEHİR	İLLER	BİLECİK	KÜTAHYA	ESKİŞEHİR	
BİLECİK	1	0,2	0,166667	BİLECİK	0,083333	0,047619	0,111111	
KÜTAHYA	5	1	0,333333	KÜTAHYA	0,416667	0,238095	0,222222	
ESKİŞEHİR	6	3	1	ESKİŞEHİR	0,5	0,714286	0,666667	
W Öncelikler Vektörü	D=A*W Tüm Öncelikler Matrisi							
	İLLER	BİLECİK	KÜTAHYA	ESKİŞEHİR	E Vektörü	λMAX	3,095194	
	0,080688	BİLECİK	0,080688	0,058466	0,104497	3,001193	CI	0,047597
	0,292328	KÜTAHYA	0,403439	0,292328	0,208995	3,003524	RI	0,58
	0,626984	ESKİŞEHİR	0,484127	0,876984	0,626984	3,006372	CR	0,082063

Tablo 22’de görülen CR tutarlılık oranı, 0,082063 değeri ile literatürde kabul edilen tutarlılık sınırları içerisinde olduğundan ($CR \leq 0,10$ olmalı) yapılan karşılaştırma tutarlıdır. İncelediğimiz ikinci bölge illerinden gelir seviyesi kriterine göre istasyon yeri seçimi hususunda en uygunu yaklaşık %63 ortalama ile Eskişehir’dir. Eskişehir’i yaklaşık %29 ile Kütahya, %8 ile Bilecik takip etmektedir.

Güneş Enerjisi Potansiyeline Göre;

İlleri ışınlam şiddeti, yıllık ortalama güneşlenme saati ve yağışlı gün sayısına göre ayrı ayrı inceleyeceğiz. İlk olarak illeri ışınlam şiddetine göre değerlendirelim.

Tablo 23: 2. Bölge Işınlam Şiddeti Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris			
İLLER	BİLECİK	ESKİŞEHİR	KÜTAHYA	İLLER	BİLECİK	ESKİŞEHİR	KÜTAHYA
BİLECİK	1	0,11	0,17	BİLECİK	0,0625	0,076923	0,04
ESKİŞEHİR	9	1	3	ESKİŞEHİR	0,5625	0,692308	0,72
KÜTAHYA	6	0,33	1	KÜTAHYA	0,375	0,230769	0,24
W Öncelikler Vektörü	Tüm Öncelikler Matrisi						
	İLLER	BİLECİK	ESKİŞEHİR	KÜTAHYA	E Vektörü	Λ_{MAX}	3,05409
	BİLECİK	0,059808	0,073141	0,046987	3,008574	CI	0,02705
	ESKİŞEHİR	0,538269	0,658269	0,845769	3,102542	RI	0,58
	KÜTAHYA	0,358846	0,219423	0,281923	3,05116	CR	0,04663

Tablo 23’te görülen CR tutarlılık oranı, 0,04663 değeri ile literatürde kabul edilen tutarlılık sınırları içerisinde olduğundan ($CR \leq 0,10$ olmalı) yapılan karşılaştırma tutarlıdır. İncelediğimiz ikinci bölge illerinden güneş enerjisi potansiyeli kriterine göre istasyon yeri seçimi hususunda illerin ışınlam şiddetlerine göre yapılan karşılaştırmada en uygunu yaklaşık %66 ortalama ile Eskişehir’dir. Eskişehir’i yaklaşık %28 ile Kütahya, %6 ile Bilecik takip etmektedir.

Güneş enerjisi potansiyeli için ikinci önemli bileşen yıllık güneşlenme saatine göre işlem sonuçları tablo 24'teki gibidir:

Tablo 24: 2. Bölge Yıllık Güneşlenme Saati Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris			
İLLER	BİLECİK	ESKİŞEHİR	KÜTAHYA	İLLER	BİLECİK	ESKİŞEHİR	KÜTAHYA
BİLECİK	1	0,33	5	BİLECİK	0,238095	0,222222	0,416667
ESKİŞEHİR	3	1	6	ESKİŞEHİR	0,714286	0,666667	0,5
KÜTAHYA	0,2	0,17	1	KÜTAHYA	0,047619	0,111111	0,083333
W Öncelikler Vektörü	Tüm Öncelikler Matrisi						
	İLLER	BİLECİK	ESKİŞEHİR	KÜTAHYA	E Vektörü	Λ_{MAX}	3,095194
	0,292328	BİLECİK	0,292328	0,208995	0,403439	3,095023	CI
	0,6269841	ESKİŞEHİR	0,876984	0,626984	0,484127	3,170886	RI
	0,0806878	KÜTAHYA	0,058466	0,104497	0,080688	3,019672	CR

CR tutarlılık oranı 0,082063 değeri ile literatürde kabul edilen tutarlılık sınırları içerisinde olduğundan ($CR \leq 0,10$ olmalı) yapılan karşılaştırma tutarlıdır. İncelediğimiz ikinci bölge illerinden güneş enerjisi potansiyeli kriterine göre istasyon yeri seçimi hususunda illerin yıllık ortalama güneşlenme saatine göre yapılan karşılaştırmada en uygunu yaklaşık %63 ortalama ile Eskişehir'dir. Eskişehiri yaklaşık %29 ile Bilecik, %8 ile Kütahya takip etmektedir.

Güneş enerjisi potansiyeli için üçüncü önemli bileşen yağışlı gün sayısına göre işlem sonuçları tablo 25'teki gibidir:

Tablo 25: 2. Bölge Yağışlı Gün Sayısı Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris			
İLLER	BİLECİK	ESKİŞEHİR	KÜTAHYA	İLLER	BİLECİK	ESKİŞEHİR	KÜTAHYA
BİLECİK	1	2	0,17	BİLECİK	0,133333	0,2	0,127273
ESKİŞEHİR	0,5	1	0,142857	ESKİŞEHİR	0,066667	0,1	0,109091
KÜTAHYA	6	7	1	KÜTAHYA	0,8	0,7	0,763636
W Öncelikler Vektörü	Tüm Öncelikler Matrisi						
	İLLER	BİLECİK	ESKİŞEHİR	KÜTAHYA	E Vektörü	Λ_{MAX}	3,032642
	0,15353535	BİLECİK	0,153535	0,183838	0,125758	3,016447	CI
	0,09191919	ESKİŞEHİR	0,076768	0,091919	0,107792	3,007849	RI
	0,75454545	KÜTAHYA	0,921212	0,643434	0,754545	3,073628	CR

Tablo 25'te görülen CR tutarlılık oranı, 0,028139 değeri ile literatürde kabul edilen tutarlılık sınırları içerisinde olduğundan ($CR \leq 0,10$ olmalı) yapılan karşılaştırma tutarlıdır. İncelediğimiz ikinci bölge illerinden güneş enerjisi potansiyeli kriterine göre istasyon yeri seçimi hususunda illerin yıllık ortalama yağışlı gün sayısına göre yapılan karşılaştırmada en uygunu yaklaşık %75 ortalama ile Kütahya'dır. Kütahya'yı yaklaşık %15 ile Bilecik, %9 ile Eskişehir takip etmektedir.

2. bölge illerini güneş potansiyeline göre karşılaştırırken yaptığımız işlemler sonucunda illerin ışınlm şiddetine ve yıllık ortalama güneşlenme saatine göre Eskişehir, yağışlı gün sayısına göre ise Kütahya ili istasyon yeri için uygun bulunmuştur. Şu durumda karar verebilmek için ışınlm şiddeti, ortalama güneşlenme saati ve yağışlı gün sayısı alt kriterlerinin önceliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Daha önce ana kriterleri karşılaştırırken K1: Güneş Enerjisi Potansiyeli şeklinde belirlenmişti. Karışıklık olmaması için:

K11: Işınlm Şiddeti

K12: Güneşlenme Saati

K13: Yağışlı Gün Sayısı olacak şekilde alt kriterlerin öncelikleri ve Ahp süreç sonuçları tablo 26'da düzenlenmiştir.

Tablo 26: Güneş Enerjisi Potansiyeli Ana Kriterinin Alt Kriterleri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris			
Alt Kriterler	K11	K12	K13	Alt Kriterler	K11	K12	K13
K11	1	3	7	K11	0,67741 9	0,72	0,5
K12	0,33333	1	6	K12	0,22580 6	0,24	0,4285 7
K13	0,14286	0,17	1	K13	0,09677 4	0,04	0,0714 3
W Öncelikler Vektörü	Tüm Öncelikler Matrisi						
	Alt Kriterler	K11	K12	K13	E Vektörü	Λ_{MAX}	3,1013 2
	K11	0,6324 7	0,8943 8	0,485806	3,18220 2	CI	0,0506 6
	K12	0,2108 2	0,2981 3	0,416406	3,10390 9	RI	0,58
	K13	0,0903 5	0,0496 9	0,069401	3,01785 5	CR	0,0873 5

Tutarlılık oranı uygun olduğundan en önemli kriter yaklaşık %63 ortalama ile K11 yani ilin güneş ışınlm şiddeti seçilmiştir. Şu durumda ışınlm şiddeti alt kriterinde en önemli önceliği kazanan Eskişehir ili güneş enerjisi potansiyeline göre 2. istasyon yeri için uygun bulunmuştur.

Menzil Uzunluğuna Göre;

Bursa'dan hareket eden elektrikli otomobil kullanıcısının ulaşabileceği iller arası uzunluklar KGM mesafe cetveline göre sırası ile Bursa-Bilecik arası: 95 km, Bursa-Eskişehir arası:152km, Bursa-Kütahya arası:177km şeklinde görünmektedir. Bu bilgiler ışığında oluşturulan öncelikler matrisi ve analiz sonuçları tablo 27'de görölmektedir.

Tablo 27: 2. Bölge Menzil Uzunluğu Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris			
İLLER	BİLECİK	ESKİŞEHİR	KÜTAHYA	İLLER	BİLECİK	ESKİŞEHİR	KÜTAHYA
BİLECİK	1	0,142857	0,333333	BİLECİK	0,090909	0,106383	0,052632
ESKİŞEHİR	7	1	5	ESKİŞEHİR	0,636364	0,744681	0,789474
KÜTAHYA	3	0,2	1	KÜTAHYA	0,272727	0,148936	0,157895
W Öncelikler Vektörü	Tüm Öncelikler Matrisi				E Vektörü	Λ_{MAX}	3,065819
	İLLER	BİLECİK	ESKİŞEHİR	KÜTAHYA			
	0,08330788	BİLECİK	0,083308	0,103358			
	0,72350606	ESKİŞEHİR	0,583155	0,723506			
	0,19318606	KÜTAHYA	0,249924	0,144701			
					3,042719	CR	0,05674

Tablo 27'de görölen CR = 0,05674 oranı, istenilen tutarlılık oranı sınırlarında olduğundan iller arası mesafelerin kıyaslandığı menzil uzunluğu kriteri analizinin sonucunda en uygun uzaklığa sahip olan il yaklaşık %72 ortalama ile Eskişehir'dir. Yaklaşık % 20 ile Kütahya ve %8 ile Bilecik takip etmektedir.

2. bölge olarak adlandırdığımız Bilecik-Eskişehir-Kütahya illerinin AHP analizi sonuçları aşağıdaki tablo 28'de özetlenmiştir. İstasyon için uygun bulunan il Eskişehir'dir.

Tablo 28: 2. Bölge AHP Sonuç Tablosu

Kriterler	Alt Kriterler	Seçilen Alternatif (İl)	Belirlenen İstasyon Yeri
Güneş Enerjisi Potansiyeli	İşınım Şiddeti	ESKİŞEHİR	ESKİŞEHİR
	Güneşlenme Saati	ESKİŞEHİR	
	Yağışlı Gün Sayısı	KÜTAHYA	
Menzil Uzunluğu	---	ESKİŞEHİR	
Demografik Özellikler	Eğitim Seviyesi	ESKİŞEHİR	
	Gelir Seviyesi	ESKİŞEHİR	

4.2.3. 3.Bölge Afyon-Burdur-Isparta

Eğitim Seviyelerine Göre;

Önem dereceleri verirken yararlanacağımız TUIK endeks değerleri tablo 29’dadır.

Tablo 29: 3. Bölge Eğitim Seviyesi Kriteri Endeks Değerleri

	Eğitim	
İl	Sıralama	Endeks
Afyon	48	0,5330
Isparta	2	0,7369
Burdur	6	0,6829

Kaynak: İllerde yaşam endeksi il sıralamaları ve endeks değerleri, 2015.

Buna göre işlem adımlarını izleyen sonuçlar tablo 30’da görülebilir:

Tablo 30: 3. Bölge Eğitim Seviyesi Kriteri AHP Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris			
İLLER	AFYON	ISPARTA	BURDUR	İLLER	AFYON	ISPARTA	BURDUR
AFYON	1	0,111111	0,125	AFYON	0,05556	0,068966	0,04
ISPARTA	9	1	2	ISPARTA	0,5	0,62069	0,64
BURDUR	8	0,5	1	BURDUR	0,44444	0,310345	0,32
Tüm Öncelikler Matrisi							
W Öncelikler Vektörü	İLLER	AFYON	ISPARTA	BURDUR	E Vektörü	Λ_{MAX}	3,03707
0,05484036	AFYON	0,05484	0,065211	0,044783	3,00571	CI	0,01854
0,58689655	ISPARTA	0,493563	0,586897	0,716526	3,06184	RI	0,58
0,35826309	BURDUR	0,438723	0,293448	0,358263	3,04367	CR	0,03196

Tablo 30’da görülen CR=0,03196 oranına göre karşılaştırmanın tutarlılığı kabul edilen seviyededir. Bu sebeple 3. bölge illerini uygun istasyon yeri bulmak için eğitim seviyelerine göre karşılaştırdığımızda yaklaşık %59 ortalama ile ilk sırada olan **Isparta** ilini, %36 ile Burdur ve %5 ile Afyon takip etmektedir.

Gelir Seviyelerine Göre:

Önem dereceleri verirken yararlanacağımız TUİK endeks değerleri tablo 31’dedir.

Tablo 31: 3. Bölge Gelir Seviyesi Kriteri Endeks Değerleri

İl	Gelir ve Servet	
	Sıralama	Endeks
Afyon	47	0,4148
Isparta	19	0,5267
Burdur	44	0,4270

Kaynak: İllerde yaşam endeksi il sıralamaları ve endeks değerleri, 2015.

Buna göre işlem adımlarını izleyen sonuçlar tablo 32’deki gibidir:

Tablo 32: 3. Bölge Gelir Seviyesi Kriteri AHP Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris			
İLLER	AFYON	İSPARTA	BURDUR	İLLER	AFYON	İSPARTA	BURDUR
AFYON	1	0,14286	0,333333	AFYON	0,09091	0,109091	0,045455
İSPARTA	7	1	6	İSPARTA	0,63636	0,763636	0,818182
BURDUR	3	0,16667	1	BURDUR	0,27273	0,127273	0,136364
W Öncelikler Vektörü	Tüm Öncelikler Matrisi						
	İLLER	AFYON	İSPARTA	BURDUR	E Vektörü	λ_{MAX}	3,102319
	0,0818182	AFYON	0,08182	0,105628	0,0596	CI	0,05116
	0,7393939	İSPARTA	0,57273	0,739394	1,07273	RI	0,58
	0,1787879	BURDUR	0,24546	0,123232	0,17879	CR	0,088206

Tablo 30’da görülen tutarlılık oranı $CR=0,088206$ olduğundan karşılaştırmanın tutarlılığı kabul edilen seviyededir. Bu sebeple 3. Bölge illerini uygun istasyon yeri bulmak için gelir seviyelerine göre karşılaştırdığımızda yaklaşık %74 ortalama ile yine ilk sırada olan **Isparta** ilini, %18 ile Burdur ve %8 ile Afyon takip etmektedir.

Güneş Enerjisi Potansiyeline Göre:

Güneş enerjisi potansiyelini belirlerken üç alt kriter ile değerlendirme yapıldığından ilk olarak illerin ışıınım şiddetlerinin karşılaştırıldığı işlem sonuçları tablo 33’deki gibidir.

Tablo 33: 3. Bölge Işınım Şiddeti Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris				
İLLER	AFYON	İSPART A	BURDUR	İLLER	AFYON	İSPART A	BURDU R	
AFYON	1	0,2	0,14286	AFYON	0,07692	0,04762	0,09677	
İSPARTA	5	1	0,33333	İSPART A	0,38462	0,2381	0,22581	
BURDUR	7	3	1	BURDUR	0,53846	0,71429	0,67742	
W Öncelikler Vektörü	Tüm Öncelikler Matrisi							
	İLLER	AFYON	İSPART A	BURDUR	E Vektörü	Λ_{MAX}	3,06551	
	0,0737721	AFYON	0,07377	0,05657	0,09191	3,01269	CI	0,03276
	0,282839	İSPART A	0,36886	0,28284	0,21446	3,06239	RI	0,58
	0,6433889	BURDUR	0,51641	0,84852	0,64339	3,12146	CR	0,05648

Tablo 33’te görülen CR= 0,05648 oranı istenilen seviyede olduğundan karşılaştırma tutarlıdır. Şu halde 3. Bölge illeri ışıınım şiddetlerine göre güneş enerjisi potansiyeli karşılaştırması sonucu yaklaşık %64 ortalama ile Burdur ili en yüksek öneme sahip bulunmuştur. Burdur ilini sırası ile % 28 ile Isparta, %8 ile Afyon ili takip etmektedir. İllerin yıllık ortalama güneşlenme süreleri bakımından karşılaştırılması için oluşturulan öncelikler matrisi ve işlem detayları tablo 34’teki gibidir:

Tablo 34: 3. Bölge Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris			
İLLER	AFYON	ISPARTA	BURDUR	İLLER	AFYON	ISPARTA	BURDUR
AFYON	1	0,2	0,25	AFYON	0,1	0,130435	0,05882
ISPARTA	5	1	3	ISPARTA	0,5	0,652174	0,70588
BURDUR	4	0,333333	1	BURDUR	0,4	0,217391	0,23529
W Öncelikler Vektörü	Tüm Öncelikler Matrisi						
	İLLER	AFYON	ISPARTA	BURDUR	E Vektörü	Λ_{MAX}	3,08669
0,0964194	AFYON	0,096419	0,12387	0,07106	3,02166	CI	0,04335
0,6193521	ISPARTA	0,482097	0,619352	0,85269	3,15513	RI	0,58
0,2842285	BURDUR	0,385678	0,206451	0,28423	3,08328	CR	0,07473

Tablo 34’te görülen CR=0,07473 tutarlılık oranı kabul edilebilir düzeyde olduğundan %62 ortalama ile Isparta ili yıllık güneşlenme süresi bakımından en yüksek öneme sahip olmuştur. %28 ile Burdur ve %10 ile Afyon takip etmektedir.

Güneş enerjisi potansiyeli belirlemek için son alt kriter yıllık yağışlı gün sayısı için değerlendirme sonuçları tablo 35’teki gibidir.

Tablo 35: 3. Bölge Yağışlı Gün Sayısı Alt Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris				
İLLER	AFYON	ISPARTA	BURDUR	İLLER	AFYON	ISPARTA	BURDUR	
AFYON	1	0,166667	0,125	AFYON	0,066667	0,04	0,08571	
ISPARTA	6	1	0,333333	ISPARTA	0,4	0,24	0,22857	
BURDUR	8	3	1	BURDUR	0,533333	0,72	0,68571	
W Öncelikler Vektörü	Tüm Öncelikler Matrisi							
	İLLER	AFYON	ISPARTA	BURDUR	E Vektörü	Λ_{MAX}	3,07433	
	0,064127	AFYON	0,064127	0,048254	0,08079	3,012376	CI	0,03717
	0,2895238	ISPARTA	0,384762	0,289524	0,21545	3,073099	RI	0,58
	0,6463492	BURDUR	0,513016	0,868571	0,64635	3,137525	CR	0,06408

Tablo 35’te görülen $CR=0,06408$ tutarlılık oranı istenilen seviyede olduğundan

($CR \leq 0,1$) karşılaştırmalar tutarlıdır. %67 ortalama ile Burdur ili yağışlı gün sayısı bakımından Isparta ve Afyon’a üstün gelmiştir.

Güneş enerjisi potansiyeli bakımından en uygun 3. bölge ilinin belirlenebilmesi için üç alt kriterin sonuçlarının birlikte yorumlanması gerekmektedir. 1. alt kriter olan, ilin ışıyım şiddeti analizi sonucu Burdur, 2. alt kriter olan yıllık ortalama güneşlenme saati analizi sonucu Isparta ve 3. alt kriter yağışlı gün sayısı analizi sonucu Burdur ili seçildiğinden alt kriterler arası sonuçların birbiri ile uyuşmadığı görülmüştür. Alt kriterler için başvurduğumuz karşılaştırma devreye girmek zorundadır. Güneş enerjisi potansiyeli için en önemli alt kriterin ışıyım şiddeti olduğu belirlenmişti. Bu sebeple Burdur ili güneş enerjisi potansiyeli olarak istasyon yeri için uygun bulunmuştur.

Menzil Uzunluğuna Göre;

3. bölge illeri arasından uygun istasyon yeri belirleyebilmek için son olarak iller arası uzaklıklar cetveli yardımıyla menzil uzunluğu kriteri için AHP süreci işletilmelidir.

2. istasyon için uygun bulunan Eskişehir ili başlangıç alındığında, şarj dolumu yapan bir elektrikli otomobilin bu üç ile olan uzaklıkları şu şekildedir. Eskişehir-Afyon 144km, Eskişehir-Isparta 300km, Eskişehir-Burdur 301km olarak belirtilmiştir. Bu bilgiler ışığında oluşturulan öncelikler matrisi ve AHP işlem sonuçları tablo 36’daki gibidir.

Tablo 36. 3. Bölge Menzil Uzunluğu Kriteri AHP Analiz Sonuçları

Öncelikler Matrisi				Normalize Edilmiş Matris				
İLLER	AFYON	ISPARTA	BURDUR	İLLER	AFYON	ISPARTA	BURDUR	
AFYON	1	9	8	AFYON	0,808989	0,857143	0,727273	
ISPARTA	0,111111	1	2	ISPARTA	0,089888	0,095238	0,181818	
BURDUR	0,125	0,5	1	BURDUR	0,101124	0,047619	0,090909	
W Öncelikler Vektörü	Tüm Öncelikler Matrisi							
	İLLER	AFYON	ISPARTA	BURDUR	E Vektörü	Λ_{MAX}	3,075252	
	0,79780145	AFYON	0,797801	1,100832	0,639071	3,180872	CI	0,037626
	0,12231464	ISPARTA	0,088645	0,122315	0,159768	3,03093	RI	0,58
	0,07988391	BURDUR	0,099725	0,061157	0,079884	3,013954	CR	0,064872

Tablo 36’da görülen $CR=0,064872$ değeri literatürde kabul edilen 0,10 değerinden küçük olduğu için karşılaştırmalar tutarlıdır. Menzil uzunluğu kriterine göre en uygun istasyon yeri için yaklaşık %80 ortalama ile Afyon ili belirlenmiştir. %12 ile Isparta, %8 ile Burdur illeri takip etmektedir.

3. bölge illeri için kriterlerin özet sonuçlar tablo 37 ‘de görülebilir:

Tablo 37: 3.Bölge AHP Sonuç Tablosu

Kriterler	Alt Kriterler	Seçilen Alternatif (İl)	Belirlenen İstasyon Yeri
Güneş Enerjisi Potansiyeli	Işınım Şiddeti	BURDUR	BURDUR
	Güneşlenme Saati	ISPARTA	
	Yağışlı Gün Sayısı	BURDUR	
Menzil Uzunluğu	---	AFYON	
Demografik Özellikler	Eğitim Seviyesi	ISPARTA	
	Gelir Seviyesi	ISPARTA	

3. istasyon yeri için uygun bulunan il Burdur’dur. Şu durumda tam şarj ile İstanbul’dan yola çıkıp Antalya’ya ulaşmak isteyen bir elektrikli otomobil kullanıcısı için AHP ile belirlediğimiz istasyonlar sırası ile İstanbul-Bursa-Eskişehir-Burdur-Antalya şeklinde olmalıdır.

5. SONUÇ ve ÖNERİ

İklim değişikliğine sebep olan sera gazlarının atmosferde artması güneşten gelen ısı radyasyonun uzaya yayılmasına engel olur ve tekrar yeryüzüne yansıyan ışınlar küresel ısınmaya sebep olur. Karbon salınımının azaltılarak küresel ısınmaya bir dur denilmesi gerektiğinin fark edilmesinden sonra ülkelerce yapılan anlaşmalar, ulaşım sektörüne araç teknolojisinin geliştirilerek fosil yakıt kullanımının azaltılmasını teşvik edici uygulamalar yapılması olarak yansımıştır. Bu amaçla üretilmeye başlayan elektrikli otomobillerin içten yanmalı otomobillerle kıyaslandığında avantajlı yönleri göze çarpmaktadır. Elektrik motorları yüksek verimle çalışır. Elektriğin elde edilmesi sırasında açığa çıkan karbondioksit haricinde kullanım sırasında zararlı gaz yaymamaları çevre kirliliğini, sessiz oluşları gürültü kirliliğini azaltmaktadır. Gelişim aşamasında olan batarya teknolojisi sayesinde tek dolumla gidilen en uzun mesafe sorunları ve batarya ağırlığı sebebiyle yaşanan fazla enerji harcanması problemleri zamanla giderilmeye başlanmıştır. Satın alınırken vergi avantajları gibi tüketiciyi cezbetmeye yönelik düzenlemeler mevcuttur. Ancak tüm dünyada elektrikli otomobiller için teşvik edici çalışmalara bakıldığında ülkemizdeki vergi oranlarının daha da teşvik edici şekilde düzenlenmesi kullanımın yaygınlaşması için faydalı olabilir. Türkiye Otomotiv Distribütörleri Derneği 2018 genel değerlendirme raporuna göre 2017 yılı ekim ayı sonu satış raporlarında 50 adet görülen elektrikli otomobil sayısı 2018 yılı ekim ayı sonu değerlendirmesinde 124 adet görünmektedir. Benzer şekilde 2017 yılı sonu hibrit otomobil satış miktarı 3250 adet iken 2018 yılı sonunda bu rakam 3331'e yükselmiştir (Genel Değerlendirme Ekim, [20.11.2018]). Ülkemizde elektrikli ve hibrit taşıt satışlarının henüz emekleme aşamasında olduğu görülmektedir ancak şarj istasyonları ve yeterli altyapı yaygınlaştıkça umut verici gelişmeler olacağını söylemek yanlış olmayacaktır. Elektrikli otomobil kullanımının artması şüphesiz ki otomobillerin en büyük problemi olan şarj problemlerinin çözülmesi yani şarj istasyonlarının artması ile doğru orantılıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak enerji üretimi tüm dünyanın gündeminde olan ve giderek yaygınlaşan bir durumdur. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynakları ile enerjisini üreten şarj istasyonları kurularak elektrikli otomobillerin yaygınlaşmasına katkıda bulunabilmek

ve böylece sera gazı salınımlarını azaltmak amacıyla yola çıktığımız bu tez çalışmasında uygulama olarak AHP yöntemi kullanarak uygun istasyon yerleri belirlemeye çalıştık. Analitik hiyerarşi prosesi, yöneticilerin karmaşık karar unsurlar bulunduran problemler ile karşılaştıklarında çözüm için kullandıkları, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. İstanbul- Antalya arası yolculuk edecek bir elektrikli otomobil kullanıcısı için; otomobilin şarjı bitmeden ulaşabileceği, dolum için gereken enerjisini şebekeden değil, güneşten elde eden, çevre koruma anlaşmalarının gerekliliklerini de yerine getirebilen şarj istasyonları kurmak yöneticilerimizin karşılaşılabileceği bir karmaşık karar problemidir. Kurulacak bu istasyonlar, enerjisini güneşten elde ettiği için inşa ve bakım maliyetleri dışında masrafsız oluşları sebebiyle zamanla kendini amorti etme kapasitesine sahip istasyonlar olacaktır. Kullanıcılar için de daha ucuz şarj dolumu yapabilme şansı anlamına gelmektedir. AHP yöntemi ile İstanbul Antalya rotasında bulunan illerimizi belirli kriterlere göre karşılaştırarak bu probleme bir çözüm önerisi getirmeye çalıştığımız bu çalışmada öncelikli kriterlerimiz seçilecek ilin güneş enerjisi potansiyeli, demografik özellikleri ve illerin birbirlerine uzaklıklarıdır. Bir ilin, bir bölgenin güneş enerjisi potansiyeli bölgenin coğrafik konumuna bağlı olarak güneşten aldığı radyasyona yani ışıyım şiddetine, günlük güneşlenme saatine (çalışmamızda yıllık ortalama güneşlenme saati veri alınmıştır) ve bulutluluk oranına göre belirlenmektedir. Çalışmamızda yaklaşık 30 yıllık meteorolojik ölçümler ile oluşturulan meteoroloji verileri baz alınmıştır. Güneş enerjisi potansiyeli belirlenirken kullanılan bu üç alt kriter arasından AHP analiziyle ışıyım şiddeti en önemli kriter olarak belirlenmiştir.

Bölgenin demografik özellikleri incelenirken; gelir seviyesi ve eğitim seviyesi alt kriterleri incelenmiştir. Elektrikli otomobillerin ithal oluşu sebebiyle yüksek satış fiyatlarına sahip olmaları ve dolayısıyla satın alma gücü ile ilişkili olacağından için ilin gelir seviyesi, bireylerde çevre koruma bilinci eğitimle kazanıldığından, çevre koruma bilincine sahip bireylerin çevreci ürünler satın alma eğilimi yüksek olduğundan ilin eğitim seviyesi, alt kriterler olarak önemli görülmüştür. İllerin eğitim ve gelir seviyeleri karşılaştırılırken TUİK İllerde Yaşam Endeksi, 2015 değerleri veri olarak kullanılmıştır.

İller arası mesafeler istasyon yeri için önemli bir diğer kriterdir. Her otomobilin batarya kapasitesi ve gidebileceği uzunluk farklıdır. Trafik koşulları, sürüş tarzı, pillerin kullanım ömrü, aracın ağırlığı gibi etmenler otomobillerin testlerde ölçülen

değerlerden daha az km gidebildiklerini göstermiştir. Dünyada en çok satılan 10 marka ve 15 model üzerinden, en kısa menzil kapasitesine sahip otomobili baz alarak, yaşanabilecek verim kayıpları da düşünülerek yaklaşık 140 km aralıkların istasyon yeri için yeterli olabileceği sonucuyla ilk durak olan İstanbul'dan başlayarak iller arası mesafeler cetveli yardımıyla duraklar belirlenmeye çalışılmıştır. KGM rota planlama rehberi ışığında her istasyondan sonra aracın uğrayabileceği iller, üç ilden oluşan bölgeler şeklinde değerlendirmeye alınmıştır.

AHP işleyişinde alternatif olan iller karşılaştırılır ancak çözüme ulaşabilmek için kriterler de kendi aralarında karşılaştırılmalıdır. İstasyon yeri belirlemede en önemli kriter, güneş enerjisi potansiyeli olarak belirlenmiştir. İkinci sırada iller arası mesafeler ve üçüncü sırada demografik özellikler gelmektedir. Çalışmamızda İstanbul'dan hareket eden araç kullanıcısı için incelediğimiz bölgeler ve sonuçta belirlenen uygun istasyon yerleri tablo 39 ile özetlenebilir:

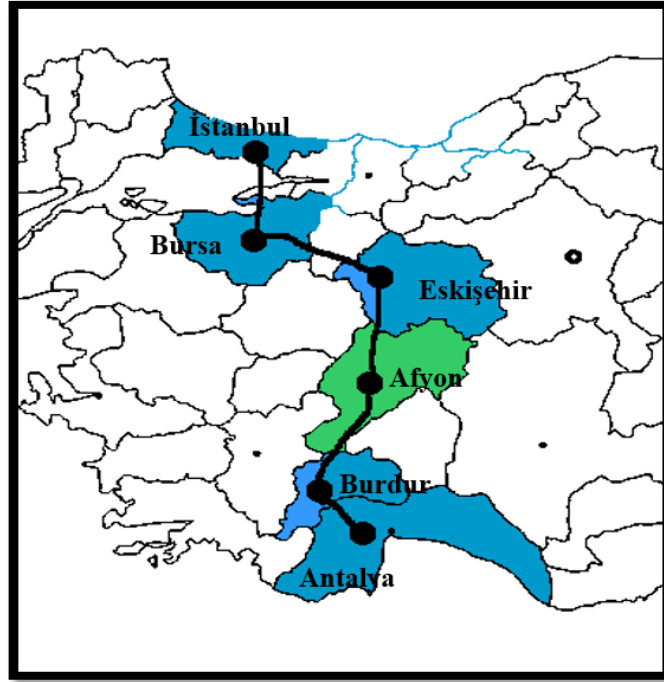
Tablo 38: AHP Genel Sonuç Tablosu

Bölgeler	Alternatifler	Sonuç
1.Bölge	Kocaeli-Yalova-Bursa	Bursa
2.Bölge	Bilecik-Eskişehir-Kütahya	Eskişehir
3.Bölge	Afyon-Burdur-Isparta	Burdur

Buna göre elektrikli otomobil kullanıcıları için belirlediğimiz rotamız İstanbul-Bursa-Eskişehir-Burdur-Antalya şeklinde olmuştur. İller belirlenmiş ancak adrese dayalı lokasyon olarak istasyon yeri belirlemek amaçlanmamıştır. KGM iller arası mesafeleri merkezlerden ölçtüğünden, il sınırları içerisinde uygun bölgelere istasyonlar kurulabilir demek yanlış olmayacaktır. Ancak her ne kadar güneş enerjisi potansiyeli çalışmamızda ağırlıklı öneme sahip olsa da sonuçların mantık çerçevesinde beklentileri karşılaması gerektiği de unutulmamalıdır.

Seçilen bu iller en önemli kriter olan Güneş Enerjisi Potansiyeli bakımından gerekli gücü üretecek konumdadırlar. Ancak Eskişehir-Burdur arası mesafenin 300 km olması, güneş potansiyeli olarak sorun çıkarmasa da elektrikli otomobillerin yaşayabileceği menzil problemleri sebebiyle düşündürücü olmuştur. Her il,

incelendiği bölge içerisinde kullanılmak üzere sadece bir kez analize uğramıştır. Ancak 300 km uzunluğun, her otomobil için şarj kapasiteleri değişmekle birlikte, belirlediğimiz ortalama 140km uygun mesafelere oranla, aşılabilir olması mümkün görünmemektedir. Eskişehir- Burdur arasında kalan Afyon ili şehirler arası mesafe kriterine göre optimal konumda olduğundan (Eskişehir-Afyon arası 144km, Afyon-Burdur arası 169km) zorunlu bir istasyon yeri olarak eklenebilir. Son durumda belirlediğimiz rota şekil 24 yardımıyla görülebilir.



şekil 25: Belirlenen Uygun İstasyon Yerleri

Gelecek nesillere yaşanılabılır bir evre bırakabilmek için doğadaki karbon izimizi kontrol altına almamız gerekmektedir. Özel sektör firmalarının geliştirmekte olduğu şarj istasyon ağlarının devlet eliyle de artırılması önemli ve gereklidir. Güneş enerjisi yatırımları ve kullanımının artırılabilmesi dileğiyle pilot bölge olarak İstanbul-Antalya arası rota seçtiğimizde belirlediğimiz Bursa-Yalova-Eskişehir-Afyon-Burdur illerine güneş enerjisi ile çalışan şarj dolum istasyonları yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Alcan, Yalçın, Memnun Demir , Serhat Duman. 2018. Sinop İlinin Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Ülkemiz Ve Almanya İle Karşılaştırarak İncelenmesi. **El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi**. c.5. s.1:35-44.
- Altuntop, Necdet, Doğan Erdemir. 2013. Dünyada ve Türkiye’de Güneş Enerjisi İle İlgili Gelişmeler. **Mühendis ve Makine Dergisi**. c.54. s.639: 69-77.
- AUDI. E-TRON: Genel Bakış. <https://www.audi.com.tr/tr/web/tr/modeller/tron/audi-e-tron.html> [19.04.2019].
- Aydın, Özlem, Selahattin Öznehir, Ezgi Akçalı. 2009. Ankara İçin Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Modellenmesi. **Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**. c.14. s.2:69-86.
- Belediye Gelirleri Kanunu (2464 S.K.). 1981. **Resmi Gazete**. 17354, Mayıs.
- Bilişim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Genel Müdürlüğü. Türkiye Otomotiv Sektörü Strateji Belgesi Ve 2016-2019 Eylem Planı (2016/4 S.K.). **Resmi Gazete**. 29672, Nisan.
- BMW. İ3 ve İ3S Genel Bakış. <https://www.bmw.com.tr/tr/all-models/bmw-i3/2017/bmwi3-genel-bakis.html> [19.04.2019].
- British Business Energy. 2016. World Solar PV Energy Potential Maps-Europe. <https://britishbusinessenergy.co.uk/world-solar-map/> [20.02.2019].
- Chan, C.C., K.T Chau. 2001. Modern Electric Vehicle Technology. New York: Oxford Science Publications.
- Chan, C. C. 2002. The State Of The Art Of Electric And Hybrid Vehicles. Proceedings of the IEEE. c.90 s.2: 247-275.
- Chau, Kwok Tong. 2012. Research on Electric Vehicles: Challenges, Opportunities And Emerging Technologies. **Studies in Science and Technology**. Union Press: c.1. s.1:13-24.
- CHAdemo. What is CHAdemo? . <https://www.chademo.com/about-us/what-is-chademo/> [25.03.2019].
- CHEVROLET. Chevrolet Bolt EV. <https://www.chevrolet.com/electric/bolt-ev-electric-car> [19.04.2019].

Çelikkaya, Ali. 2018. Dünyada Yenilenebilir Enerji Yatırımlarına Sağlanan Vergi Teşviklerinin Değerlendirilmesi. **Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**. c.20. s.1: 357-384.

Çevre Kanunu (2872 S.K.). 1983. **Resmi Gazete**. 18132, Ağustos.

Damga Vergisi Kanunu (488 S.K.). 1964. **Resmi Gazete**. 11751, Temmuz.

DMA. Araçlar. <http://www.dmaoto.com/tr/araclar> [19.04.2019].

DMA. Basın Bültenleri. <http://www.dmaoto.com/tr/dma-dunyasi/basin-bultenleri> [03.03.2019].

Darçın, E. Selcen, Murat Darçın. 2009. Ortaöğretim Öğrencilerinin Araç Emisyonlarından Kaynaklanan Çevre Problemleri Hakkındaki Bilgi Seviyeleri. **Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi**. c.29. s.2: 485-512.

Department of Energy (USA). 2014. The History Of The Electric Car. <https://www.energy.gov/articles/history-electric-car> [16.08.2018].

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Atatürk Barajı. <http://www.dsi.gov.tr/projeler/ataturk-baraji> [27.03.2019].

Dinçer, Hasan, Ali Görener. 2011. Performans Değerlendirmesinde Ahp - Vıkor Ve Ahp - Topsıs Yaklaşımları: Hizmet Sektöründe Bir Uygulama. **Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Sigma 29**. s:244-260.

Dinçer, Furkan. 2011. Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli-Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme. **Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Dergisi**. c.14. s.1: 8-17.

Duru, M. Nafiz, Esra Şua. 2013.Yeşil Pazarlama ve Tüketicilerin Çevre Dostu Ürünleri Kullanma Eğilimleri. **Ormanlık Dergisi** c.9.s.2: 126-136.

Düşmez, Şevket Berat. 2018. Elektrikli ve Hibrit Elektrikli Araçlar İçin Bataryalar. **Kalkınmada Anahtar Verimlilik Dergisi**. s.355.

Electric & Hybrid Cars. 2017. Özel Haber Bozankaya. c.6. 32-37.

Emlak Vergisi Kanunu (1319 S.K.). 1970. **Resmi Gazete**.13576, Temmuz.

Erden, Turan, Mehmet Zeki Coşkun . 2011. Coğrafi Bilgi Sistemleri Ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yardımıyla İtfaiye İstasyon Yer Seçimi. **TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 18-22 Nisan 2011**. Ankara.

Eren, Tamer, Mustafa Hamurcu, Hacı Mehmet Alağaç. 2017. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Kırıkkale Yüksek Hızlı Tren İstasyon Yeri Seçimi. **2017. Published in 5th International Symposium on Innovative Technologies in**

Engineering and Science 29-30 September 2017 (ISITES2017). Baku-Azerbaijan: Academic Platform: 597-606.

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (Kampüs). Güneş Enerjisi Ve Teknolojileri. http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx [30.09.2018].

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (Kampüs). Rüzgar Enerjisi. http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx [20.03.2019].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Rüzgar. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar> [30.04.2019].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Jeotermal Enerji-Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Arama Çalışmaları Bilgilendirme Metni. <https://www.enerji.gov.tr/tr-tr/sayfalar/jeotermal> [20.03.2019].

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. **Biyokütle**. <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle> [27.03.2019].

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (Kampüs). Hidroelektrik Enerjisi Nedir? http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx [27.03.2019]

EPA. Global Emissions by Gas. <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data> [14.03.2019].

EPA. Sources of Greenhouse Gas Emissions. <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions> [13.03.2019].

Garche, Juergen, P. Kurzweil. 2017. Overview Of Batteries For Future Automobiles. **Lead-Acid Batteries For Future Automobiles**. Elsevier 27-96.

Gelir Vergisi Kanunu (193 S.K.). 2003. **Resmi Gazete**. 10700, Aralık.

Gen Otomobil. Hakkımızda. <http://www.genotomobil.com/hakkimizda> [16.04.2019].

Guirong, Zhang, Zhang Henghai, Li Houyu. 2011. The Driving Control Of Pure Electric Vehicle. **3rd International Conference On Environmental Science And Information Application Technology (ESIAT 2011)**. Procedia Environmental Sciences. s:433-438.

Guirong, Zhang, Li Houyu, Huang Fei. 2011. Propulsion Control Of Fuel Cell Electric Vehicle. **3rd International Conference On Environmental Science And Information Application Technology (ESIAT 2011)**. Procedia Environmental Sciences. 10: 439-443.

Gürbüz, Yusuf, A. Afşin Kulaksız. 2016. Elektrikli Araçlar İle Klasik İçten Yanmalı Motorlu Araçların Çeşitli Yönlerden Karşılaştırılması. **Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**. c.6. s.2: 117-125.

- Herron, David. 2017. EV DC Fast Charging standards – CHAdeMO, CCS, SAE Combo, Tesla Supercharger, etc. **Range Confidence: Charge Fast, Drive Far, In Your Electric Car.** Kindle Edition.
- Iclodean, C., B. Varga, N. Burnete, D. Cimerdean, B. Jurchis. 2017. Comparison Of Different Battery Types For Electric Vehicles. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.** Technical University of Cluj-Napoca, Romania, Munchii Bd. 103-105.
- IEA. What is renewable energy? https://www.eia.gov/energyexplained/?page=renewable_home [20.03.2019].
- IEA. Wind. https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=wind_home [20.03.2019].
- IEC. 2011. International Electrotechnical Commission Releases Final Draft Standards For Ev Charging. <https://www.iec.ch/newslog/2011/nr1511.htm> [25.3.2019].
- Işık, Nihat, Efe Can Kılınç. 2014. Ulaştırma Sektöründe Co2 Emsiyonu Ve Enerji Ar-Ge Harcamaları İlişkisi. **Sosyoekonomi.** c.2.
- İraz, Nurtaç. 2018. Çevre Kirliliği Ve Motorlu Taşıtlar Vergisi'nin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- İmren, Erol, Selman Karayılmazlar, Rıfat Kurt, Yıldız Çabuk. 2017. Yatırım Kararı Almada AHS Yönteminin Kullanımı: Bartın İli Örneği. **Bartın Orman Fakültesi Dergisi.** c.19. s.2: 107-114.
- JAGUAR. Elektrikli Otomobil Jaguar İ-Pace. <https://www.jaguar-turkiye.com/jaguar-modelleri/i-pace/index.html> [19.04.2019].
- Kapluhan, Erol. 2014. Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki Ve Türkiye'deki Kullanım Durumu. **Marmara Coğrafya Dergisi.** s.30: 97-125.
- Kecek, Gülnur, Rıdvan Yüksel. 2016. Analitik Hiyerarşi Süreci (Ahp) Ve Promethee Teknikleriyle Akıllı Telefon Seçimi. **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi.** s.49: 46-62.
- Katma Değer Vergisi Kanunu (3065 S.K.). 1984. **Resmi Gazete.** 18563, Ekim.
- Karayolları Genel Müdürlüğü. Güzergah Analizi. <https://yol.kgm.gov.tr/guzergahanalizi> [06.03.2019].
- Karayolları Genel Müdürlüğü. İller Arası Mesafeler Cetveli. <http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Root/Uzakliklar.aspx> [07.03.2019].
- Kaya, Kadir, Mahmut Can Şenel, Erdem Koç. 2018. Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi. **Technological Applied Sciences.** c.13. s.3: 219-234.

- Kaypak, Şafak. 2013. Ekolojik Ayak İzinden Çevre Barışına Bakmak. **Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi** c.6 s.1: 154-159.
- Keskin, Ahmet. 2009. Hibrit Taşıt Teknolojileri Ve Uygulamaları. **Mühendis Ve Makine Dergisi**. c.50. s.597:12-20.
- KIA. Melezler ve EV. <https://www.kia.com/us/en/vehicle/hybrid-electric-cars> [19.04.2019].
- Kocabey, Süreyya. 2018. Elektrikli Otomobillerin Dünü, Bugünü Ve Geleceği. **Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi**. c.1. s.1: 16-23.
- Koç, Erdem, Kadir Kaya. 2015. Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu. **Mühendis ve Makine Dergisi**. c.56. s.668:36-47.
- Kurumlar Vergisi Kanunu (5520 S.K.). 2006. **Resmi Gazete**. 26205, Haziran.
- Kuruüzüm, Ayşe, Nuray Atsan. 2001. Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları. **Akdeniz İ.İ.B.F Dergisi**. c.1. s:83-105.
- Kurtuluş, Baki. 1976. Türkçe Sözlük. Ankara: Kurtuluş Yayınları.
- Kyoto Protokolü. 2005. Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı. <http://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa> [22.03.2019].
- Macharis, Cathy, Johan Springael, Klaas De Brucker, Alain Verbeke. 2004. PROMETHEE and AHP: The Design Of Operational Synergies In Multicriteria Analysis. Strengthening PROMETHEE With Ideas Of AHP, **European Journal Of Operational Research**. c.153: 307–317.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. Enerji Haritaları. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita> [30.04.2019].
- Makine Mühendisleri Odası.Fotovoltaik Güneş Enerjisi Sistemleri. https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/statik_sayfa_ekleri/FOTOVOLTA%C4%B0K%20G%C3%9CNE%C5%9E%20ENERJ%C4%B0%20S%C4%B0STEMLER%C4%B0.pdf [05.05.2018].
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı. 2017. Bilgi Notu – Türkiye Güneşlenme Süresi. https://www.mgm.gov.tr/FTPDATA/arastirma/radyasyon/guneslenme_suresi/guneslenme_suresi_bilgi_notu.pdf [20.02.2019].
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye Ortalama Güneşlenme Süresi (1988-2017). <https://www.mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx> [20.02.2019].
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. İllere Ait Mevsim Normalleri. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?> [23.03.2019].

- Montreal Protokolü. 1987. Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. <https://iklim.csb.gov.tr/montreal-protokolu-i-4364> [24.03.2019].
- Motorlu Taşıtlar Vergisi Kanunu (198 S.K.). 1963. **Resmi Gazete**. 11342, Şubat.
- Muratoğlu Yusuf. 2017. Elektrikli Araçlarda Kullanılan Lityum İyon Pillerin Şarj Durumlarının Kokusuz Kalman Filtresi ile Kestirilmesi. Yüksek lisans tezi. Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Mucuk, İsmet. 2011. **Modern İşletmecilik**. 17. bs. İstanbul:Türkmen Kitabevi.
- NİSSAN. Nissan Leaf. <https://www.nissanusa.com/vehicles/electric-cars/leaf.html> [19.04.2019].
- Oğuz, Dicle, Işıl Çakıcı, Safiye Kavas. 2011. Yüksek Öğretimde Öğrencilerin Çevre Bilinci. **Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**. s.12: 34-39.
- Oral, Faruk, Rasim Behçet , Kadir Aykut. 2017. Hidroelektrik Santral Rezervuar Verilerinin Enerji Üretimi Amaçlı Değerlendirilmesi. **Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**. c.6. s.2:29-38.
- OtoRapor. Elektrikli Otomobil Türleri. <https://otorapor.com/elektrikli-otomobil-turleri> [18.10.2018].
- Ömürbek, Nuri, Ali Şimşek. 2014. Analitik Hiyerarşi Süreci Ve Analitik Ağ Süreci Yöntemleri İle Online Alışveriş Site Seçimi. **Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi**. s.22:306-327.
- Özel Tüketim Vergisi Kanunu (4760 S.K.). 2002. **Resmi Gazete**. 24783, Haziran.
- Paris Anlaşması. 2016. Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı. <http://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> [22.03.2019].
- Polat, B. Deniz, Özgül Keleş. 2012. Lityum İyon Pil Teknolojisi-Teknik Yazı. **Türk Mühendis Ve Mimar Odaları Birliği Metalürji Mühendisleri Odası Metalurji Dergisi**. s:162: 42-48.
- Polat, Önder, Kahraman Yumak, , M. Selim Sezgin, Gülsüm Yumurtacı, Ömer Gül. Elektrikli Araç Ve Şarj İstasyonlarının Türkiye'deki Güncel Durumu. http://www.emo.org.tr/ekler/e4bd872ffdbfb6c_ek.pdf [15.10.2018].
- RENAULT. Renault ZOE. <https://www.renault.com.tr/araclar/binek-araclar/zoe.html> [19.04.2019].
- Saaty, L.Thomas. 2008. Desicion Making With The Analytic Hierarchy Process. **International Journal Services Sciences**. c.1. s.1:83-98.
- Sabancı, Alaettin, M. Necat Ören, Baran Yaşar, H. Hüseyin Öztürk, Mehmet Atal. **Türkiye'de Biyodizel Ve Biyoetanol Üretiminin Tarım Sektörü Açısından Değerlendirilmesi**. http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/cf0ed8641cfcbbf_ek.pdf [20.04.2019].

- Sayın, Selçuk, İlhan Koç. 2011. Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (Pv) Sistemler Ve Yapılarda Kullanım Biçimleri. **Selçuk Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi**. c.26. s.3:89-106.
- Sivrikaya Tektaş, Berna, Esra Ünal. 2018. Ahp Grup Karar Verme Yöntemi İle Bilgi İşlem Çalışanlarının Yetkinlik Temelli Performanslarının Değerlendirmesi. **Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi**. 17. UİK Özel Sayısı: 501-514.
- Solar Power Europe. Global Solar Market Update 2000-2017. <http://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2018/09/Global-Market-Outlook-2018-2022.pdf> [27.11.2018].
- Sönmez, Derya. 2018. Üniversite Öğrencileri İçin Çevre Etiğinin Gerekliliği Türkiye’de Konu İle İlgili Yapılan Çalışmaların Değerlendirilmesi. **Uluslararası Eğitim Bilim Ve Teknoloji Dergisi**. c.4. s.1:18-27.
- Tatlıdil, Rezan, Burcu Aracıoğlu. 2009. Tüketicilerin Satın Alma Davranışında Çevre Bilincinin Etkileri. **Ege Akademik Bakış**. c.9. s.2:435-461.
- Tarı, Recep, Ferhat Pehlivanoglu. 2007. Kocaeli İlinde Tüketici Davranışlarının Gelir-Harcama Grupları İlişkisi Açısından Analizi (Tüketim Harcamaları Profili). **Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**. c.13. s. 1:192-210.
- TESLA. Supercharger Technology. <https://www.tesla.com/supercharger> [25.03.2019].
- TESLA. Model X, Model S. <https://www.tesla.com> [19.04.2019].
- TESLATURK. Şarj Etmek. <http://teslaturk.com/sarj-etmek/> [10.10.2018].
- The World Bank Group. 2016. Global Solar Atlas. <https://globalsolaratlas.info/?c=45.644768,18.368995,5&s=52.51667,13.38333> [20.02.2019].
- Timor, Mehpare. 2004. Şehiriçi Alışveriş Merkezi Yer Seçimi Faktörlerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi Yardımıyla Sıralanması. **Yönetim Dergisi**. Yıl 15. S.48: 3-18.
- Timor, Mehpare. 2011. Analitik Hiyerarşi Prosesi. İstanbul: Türkmen Kitabevi.
- Toyota. Hibrit nedir?. <https://www.toyota.com.tr/hybrid-innovation/faqs/hybrid-faq.json> [17.10.2018].
- TUİK (Türkiye İstatistik Kurumu). 2016. İllerde Yaşam Endeksi-2015, Genel Açıklamalar. http://tuik.gov.tr/HbGetir.do?id=24561&tb_id=4 [06.08.2018].
- TUİK (Türkiye İstatistik Kurumu). 2018. Çevre Koruma Harcama İstatistikleri-2017. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27673> [03.12.2018].

- Tuncay, R.Nejat. Özgür Üstün. 2004. Otomotiv Elektroniğindeki Gelişmeler. **ELECO' 8-12Aralık 2004 Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu**. Bursa: ELECO Yayınları.
- Türkiye Elektrikli ve Hibrid Araçlar Platformu (TEHAD). Elektrikli araç şarj yöntem ve istasyon tipleri. <http://tehad.org/2017/07/15/elektrikli-arac-sarj-yontem-ve-istasyon-tipleri/> [8.08.2018].
- Türkiye Otomobil Distribütörleri Derneği. 2018. Sektörel Değerlendirme Aralık. <http://www.odd.org.tr/folders/2837/categorial1docs/2343/Aral%C4%B1k%202018.pdf> [25.2.2019].
- Türkiye Otomobil Distribütörleri Derneği. 2018. Genel Değerlendirme Ekim. <http://www.odd.org.tr/folders/2837/categorial1docs/2292/Sekt%C3%B6rel%20De%C4%9Ferlendirme%20Ekim%202018.pdf> [20.11.2018].
- Ulucan, Aydın, Kazım Barış Atıcı. 2009. Utadı Çok Kriterli Sınıflandırma Metodolojisi Ve Türkiye Enerji Sektörü Uygulaması. **Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**. c.27. s.2:141-159.
- Uluslararası Anlaşmalar. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 1992. (2003/6458) <http://ua.mfa.gov.tr/> [21.03.2019].
- U.S. Department Of Energy. How The All Electric Cars Work? <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work> [16.04.2019].
- U.S. Department Of Energy. How Do Hybrid Electric Cars work? <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work> [16.04.2019].
- U.S. Department Of Energy. How Do Fuel Cell Electric Vehicles Work Using Hydrogen? <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-fuel-cell-electric-cars-work> [16.04.2019].
- U.S. Department Of Energy. How Do Plug-In Hybrid Electric Cars Work? <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-plug-in-hybrid-electric-cars-work> [16.04.2019].
- Viyana Sözleşmesi. 1987. Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. <https://iklim.csb.gov.tr/viyana-sozlesmesi-i-4399> [24.03.2019].
- Volkswagen. E-GOLF: Electric Vehicle Database. <https://ev-database.org/car/1087/Volkswagen-e-Golf> [19.04.2019].
- Yağcıtekin, Bünyamin, Mehmet Uzunoğlu, Arif Karakaş. 2011. Elektrikli Araçların Şarjı Ve Dağıtım Sistemi Üzerine Etkileri. **Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu 2011**. Elazığ: Fırat Üniversitesi: 316-320.
- Yaraş, Eyyup, Eyup Akın, Bilge Kağan Şakacı. 2011. Tüketicilerin Çevre Bilinci Düzeylerini Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma. Öneri. c.9. s.35:117-126.

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü-YEGM. Türkiye'nin Sayılı, Ankara'nın En Hızlı Şarj İstasyonu YEGM Kampüsünde Kuruldu. <http://www.yegm.gov.tr/yeniprojeler/elektrikli.html> [08.04.2019].

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası – GEPA. <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/> [20.02.2019].

YEK (5346 S.K.). 2005. Resmi Gazete. 25819, Mayıs.

Yıldırım, Bahadır Fatih, Emrah Önder. 2015. İşletmeciler, Mühendisler Ve Yöneticiler İçin Operasyonel, Yönetmelik Ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri. Dora yayınları. 2. baskı. s:35.

Yılmaz, Adem, Sinan Ünvar, Mehmet Ekmen, Selman Aydın. 2017. Yakıt Pili Teknolojisi. **Technological Applied Sciences (NWSATAS)**.c.12. s.4:185-192.

WWF Türkiye. Yenilenebilir Enerjinin Sürdürülebilirliği ve HES'ler. https://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/ayak_izinin_azaltilmasi/su/yenilenebilir_enerjinin_surdurulebilirligi/ [04.05.2019].

EKLER

Ek 1: Analizde Kullanılan İllerin Sıcaklık Ölçümleri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü İllere Ait Mevsim Normalleri (1981-2010))

KOCAELİ	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyodu (1981 - 2010)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.3	6.5	8.5	13.1	17.5	21.9	23.9	23.9	20.4	16.1	11.4	8.3	14.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.8	10.4	13.1	18.4	23.2	27.6	29.5	29.7	26.0	20.8	15.6	11.6	19.6
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3.4	3.2	4.9	8.8	12.9	17.0	19.3	19.6	16.2	12.7	8.2	5.5	11.0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.2	2.7	3.8	5.1	6.6	8.2	8.4	8.1	6.5	4.4	3.1	2.2	61.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	17.3	15.9	13.8	11.7	9.5	9.0	6.2	5.2	7.4	13.0	13.7	17.3	140.0
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	96.5	79.9	73.6	55.4	44.9	50.9	46.2	42.9	50.0	96.6	90.4	103.7	831.0
Ölçüm Periyodu (1928 - 2017)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	24.9	26.7	30.8	35.0	37.2	40.7	44.1	42.9	40.2	36.2	29.1	26.0	44.1
En Düşük Sıcaklık (°C)	-13.1	-18.0	-6.5	-1.0	1.8	4.0	10.1	10.9	4.9	2.4	-3.4	-8.8	-18.0

YALOVA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyodu (1981 - 2010)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.7	6.6	8.4	12.6	17.2	21.7	24.0	24.0	20.3	16.0	11.4	8.6	14.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.5	10.7	12.9	17.4	22.0	26.7	29.1	29.4	25.8	20.9	15.9	12.2	19.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3.3	2.9	4.3	7.9	11.9	16.0	18.2	18.5	15.1	11.8	7.6	5.2	10.2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	1.8	2.8	3.9	5.0	6.8	8.1	8.5	8.1	6.7	4.5	2.5	1.4	60.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	15.5	13.5	12.6	10.7	7.3	6.2	4.1	3.8	6.5	11.4	12.7	14.9	119.2
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	88.0	71.8	67.9	52.7	35.6	43.1	25.0	28.8	48.4	93.3	93.6	102.4	750.6
Ölçüm Periyodu (1931 - 2017)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	25.1	27.2	32.0	36.5	37.0	42.1	45.4	40.2	37.5	36.6	29.7	25.7	45.4
En Düşük Sıcaklık (°C)	-9.6	-11.0	-7.4	-1.6	1.2	7.1	10.0	9.9	6.0	1.3	-3.2	-9.2	-11.0

BURSA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyodu (1981 - 2010)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	5.5	5.9	8.4	13.0	17.8	22.5	24.8	24.7	20.4	15.4	10.3	7.3	14.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.8	10.6	13.9	18.9	23.9	28.5	30.9	31.1	27.2	21.7	15.8	11.4	20.3
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	1.7	1.6	3.5	7.3	11.3	15.4	17.7	17.8	14.0	10.2	5.7	3.5	9.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.9	3.2	4.1	5.4	7.6	9.5	10.2	9.5	7.4	5.1	3.6	2.5	71.0
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.9	12.6	12.1	11.3	7.8	5.9	3.2	3.1	5.5	9.8	11.4	14.4	111.0
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	81.3	76.0	66.9	64.4	41.6	36.9	20.3	12.9	40.4	81.1	83.6	94.8	700.2
Ölçüm Periyodu (1926 - 2017)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	25.2	26.9	32.5	36.2	38.2	41.3	43.8	42.6	40.3	37.3	34.0	27.3	43.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-20.5	-25.7	-10.5	-4.2	0.8	4.0	8.3	7.6	3.3	-1.0	-8.4	-17.9	-25.7

BİLECİK	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyodu (1981 - 2010)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.7	3.4	6.7	11.7	16.3	20.2	22.4	22.4	18.6	13.9	8.5	4.7	12.6
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.2	7.6	11.6	17.1	22.2	26.2	28.7	29.1	25.2	19.5	13.0	7.9	17.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-0.1	0.0	2.5	6.8	10.8	14.3	16.5	16.7	13.2	9.7	5.1	2.0	8.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.2	3.5	4.5	6.1	8.1	9.5	10.2	10.0	8.2	5.5	4.1	3.6	76.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.7	13.1	12.5	11.2	9.9	7.6	4.6	3.4	5.2	8.9	11.0	13.7	114.8
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	48.2	40.5	43.0	44.4	40.1	36.1	21.0	8.9	22.2	49.1	43.6	54.0	451.1
Ölçüm Periyodu (1939 - 2017)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.0	24.6	30.2	33.3	35.8	38.2	41.0	40.6	38.4	34.3	27.4	25.0	41.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-16.0	-14.3	-11.6	-6.0	1.0	6.0	7.7	8.2	3.2	-0.8	-9.2	-14.5	-16.0

KUTAHYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyodu (1981 - 2010)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.7	1.6	5.2	10.1	14.7	18.6	21.1	21.1	16.8	11.9	6.4	2.5	10.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.9	6.4	11.0	16.3	21.4	25.5	28.5	29.0	25.1	19.1	12.3	6.5	17.2
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.9	-2.6	0.1	4.3	7.9	11.4	13.8	13.8	9.6	6.0	1.7	-0.8	5.2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.0	3.0	4.4	5.5	7.0	8.8	9.3	9.0	7.3	4.8	3.2	1.9	66.2
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.6	12.5	12.9	12.7	11.1	7.0	4.0	3.8	4.6	8.6	10.8	14.3	115.9
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	59.6	55.3	50.2	56.2	46.5	27.6	19.3	17.7	19.5	39.8	57.0	72.4	521.1
Ölçüm Periyodu (1929 - 2017)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	17.2	23.0	27.0	30.2	33.8	36.2	39.5	38.8	36.1	31.6	25.4	20.5	39.5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-26.3	-27.4	-16.6	-7.8	-2.8	0.5	2.6	-0.2	-3.9	-6.9	-18.3	-28.1	-28.1

AFYONKARAHISAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyodu (1981 - 2010)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.4	1.4	5.5	10.5	15.3	19.6	22.5	22.5	18.1	12.4	6.5	2.5	11.4
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.7	6.1	11.1	16.3	21.4	25.9	29.5	29.7	25.5	19.2	12.2	6.6	17.3
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-3.2	-2.6	0.3	4.7	8.5	12.0	14.7	14.6	10.7	6.5	1.8	-1.1	5.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.5	3.5	5.0	6.0	8.6	9.4	10.5	10.3	8.3	6.1	4.2	2.2	76.6
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.0	12.4	12.5	12.8	11.5	7.1	4.2	3.8	4.2	7.7	9.3	13.0	110.5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	39.9	38.4	42.5	50.7	40.6	30.9	19.8	15.5	17.1	38.1	38.7	48.6	420.8
Ölçüm Periyodu (1929 - 2017)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18.0	21.8	26.4	30.2	33.0	35.8	39.8	38.0	36.1	31.3	25.3	21.0	39.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-27.0	-25.3	-17.0	-7.6	-3.1	1.0	4.0	2.4	-3.2	-7.9	-23.1	-27.2	-27.2

ESKİSEHİR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyodu (1981 - 2010)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.0	1.1	4.9	10.1	14.9	19.1	21.8	21.7	17.2	11.8	5.7	1.8	10.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.1	6.3	11.5	16.9	21.9	26.1	29.0	29.4	25.5	19.5	12.0	5.8	17.3
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-3.7	-3.4	-0.9	3.5	7.3	11.0	13.7	13.6	9.2	5.1	1.4	-1.7	4.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.5	3.8	5.2	6.2	8.5	10.2	11.2	10.8	8.8	6.1	4.0	2.1	79.4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.2	11.2	11.3	11.4	9.7	6.7	3.6	2.9	4.0	8.2	10.0	12.9	104.1
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	35.1	27.9	30.6	44.0	40.5	24.4	13.4	8.3	13.7	30.2	35.8	43.7	347.6
Ölçüm Periyodu (1927 - 2017)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	20.2	22.3	29.1	31.2	34.3	36.8	40.6	39.0	37.0	33.0	25.6	21.4	40.6
En Düşük Sıcaklık (°C)	-27.8	-23.8	-16.5	-10.4	-2.2	0.5	5.0	2.2	-3.7	-7.1	-16.7	-26.3	-27.8

BURDUR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyodu (1981 - 2010)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.6	3.4	6.9	11.6	16.7	21.5	24.9	24.7	20.0	14.3	8.2	4.2	13.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	7.1	8.5	12.8	17.7	23.3	28.4	32.1	32.4	28.0	21.5	13.9	8.3	19.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-1.1	-0.9	1.8	5.9	10.0	14.0	17.1	17.1	12.8	8.3	3.4	0.6	7.4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.5	4.7	5.5	6.3	8.3	10.3	10.8	10.2	8.5	6.7	4.9	2.8	82.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	9.6	9.6	9.8	10.5	8.9	5.5	3.2	2.3	3.3	5.8	8.0	10.6	87.1
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	47.1	39.3	45.9	51.7	38.0	25.1	17.4	8.5	15.3	32.6	44.3	59.4	424.6
Ölçüm Periyodu (1931 - 2017)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16.8	23.4	27.8	30.7	34.5	38.7	41.0	41.0	39.0	32.4	25.6	19.9	41.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-16.7	-15.0	-11.6	-7.0	-0.4	3.8	9.0	8.8	3.0	-2.4	-12.0	-15.3	-16.7

ISPARTA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyodu (1981 - 2010)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	1.9	2.7	6.1	10.7	15.7	20.4	23.7	23.4	18.7	13.0	7.1	3.4	12.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.7	7.7	11.8	16.7	22.0	26.9	30.5	30.8	26.8	20.7	13.6	8.1	18.5
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.2	-1.8	0.7	4.5	8.2	12.2	15.3	15.0	10.4	6.3	1.9	-0.7	5.8
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.8	4.8	6.0	6.9	8.7	10.7	11.4	11.0	9.5	7.1	5.1	3.3	88.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.0	10.6	10.7	11.1	9.7	5.9	3.4	2.5	3.6	5.9	8.3	11.4	94.1
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	60.4	57.9	54.0	58.2	43.9	26.4	15.7	13.9	15.4	32.8	49.1	73.1	500.8
Ölçüm Periyodu (1929 - 2017)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	17.6	22.5	26.8	29.5	33.0	36.2	42.3	41.2	37.1	32.2	25.4	20.0	42.3
En Düşük Sıcaklık (°C)	-19.2	-21.0	-18.5	-7.7	-1.2	4.3	4.9	7.0	-0.8	-4.2	-11.5	-15.4	-21.0

ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler:

Ad Soyad : İrem Mumcu

Doğum Yeri /Tarihi : İstanbul / 1990

Eğitim Durumu:

2015-... Yıldız Teknik Üniversitesi SBE- İşletme Yönetimi Yüksek Lisans Programı

2011-2015 Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesi-İşletme Bölümü

2008-2013 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi- Matematik Bölümü

İş Deneyimi:

Şubat 2018-... İstanbul Teknik Üniversitesi-Memur

Eylül 2016- Şubat 2018 Ataşehir Belediyesi Kadın ve Aile Hizmetleri Müdürlüğü
Matematik Öğretmeni

Kasım 2013- Haziran 2014 Pendik Velibaba Ortaokulu Matematik Öğretmeni

Bildiriler:

Elektrikli Araçlar İçin Güneş Enerjisi İle Çalışan Şarj İstasyonu Ağı Kurma- V. Yıldız
Sosyal Bilimler Kongresi.