

**20. YÜZYILDA ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARININ
GELİŞİMİ
VE BUNA PARALEL OLARAK
OTOMOBİL TASARIMINA ETKİLERİ**

Mehmet Ercan KAYMAK
Yüksek Lisans Tezi

Endüstriyel Sanatlar Anabilim Dalı
Mayıs 2009

TEŞEKKÜR

Öncelikle, benim bu çalıőmamı yapabilmemi sevgisi ve sürekli desteğiyle olanaklı kılan annem Őehriban Kaymak, babam Veysel Kaymak ve kardeőim Serkan Kaymak'a; çalışma s¼recinde rehberliği ve y¼nlendirmeleriyle ilerleyebilmemi sağlayan danıőmanım Dr. Hakan G¼rsu'ya; yaptığım y¼ksek lisansın her d¼neminde karőılaőtığım problemlerle b¼y¼k bir anlayıő ve destekle ilgilenen Fen Bilimleri Enstit¼s¼ M¼d¼r Yardımcısı Doç. Dr. Murat Tanıőlı'ya; yapıcı eleőtirileriyle tezimin oluşmasına katkı sağlayan End¼striyel Tasarım B¼l¼m Baőkanı Yard. Doç. F¼sun Curaoğlu'na; desteklerinden dolayı Arő. G¼r. Tolga Yılmaz, Őęr. G¼r. Dr. Levent Yazıcıoğlu ve çok sevgili arkadaőım Mehmet Erdoğan'a teőekk¼rlerimi sunarım.

M. Ercan KAYMAK

Mayıs 2009

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

20. YÜZYILDA ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARININ GELİŞİMİ VE BUNA PARALEL OLARAK OTOMOBİL TASARIMINA ETKİLERİ

Mehmet Ercan KAYMAK

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstriyel Sanatlar Anabilim Dalı

Danışman: Öğr. Gör. Dr. Hakan GÜRSU

2009, 115 sayfa

Bu çalışma, insanlık tarihi boyunca kullanılagelmiş enerji kaynaklarının genel olarak ulaşım ve özelde otomobilin tasarımına etkilerini araştırmakta, 20. Yüzyıl otomobil anlayışının bu kaynakların hangisi/hangileriyle ilişkili olarak oluştuğunu incelemektedir. Ortaya çıkarılmış bulunan bu bulgulardan hareketle de bu anlayışın gelecekteki yeni alternatif enerji kaynaklarına göre nasıl şekillenebileceği konusunda bir öneri sunmayı hedeflemektedir. Araştırma, çeşitli endişelerle gündeme gelmekte olan yeni depolanabilir enerji kaynaklarının otomobil tasarımı, kullanımı ve üretiminde köklü değişikliklerin olması gerektiğine, sürüş güvenliği ve ulaşım verimliliği ilkelerini göz önünde bulundurarak işaret etmektedir.

Oluştugu savunulan bu gerekliliğin temininde anahtar rolü endüstriyel tasarımın üstlendiğinin üzerinde durulmaktadır. Yenilenebilir ve depolanabilir bu enerji kaynaklarındaki gelişmenin, otomobil kimliği ve tasarımına yansması gerektiği vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Otomobil, Enerji, Endüstriyel Tasarım.

ABSTRACT**Master of Science Thesis****DEVELOPMENT OF ALTERNATIVE SOURCES OF ENERGY IN THE
20.th CENTURY AND IN PARALLEL, EFFECTS TO THE AUTOMOBILE
DESIGN****Mehmet Ercan KAYMAK****Anadolu University****Graduate School of Sciences****Industrial Arts Program****Supervisor: Öğr. Gör. Dr. Hakan GÜRSU****2009, 115 pages**

This study is a research into how the energy resources available to man throughout history have shaped his perception of transport in general, and automotive design in particular, it analyses the sources which are related to 20. century's automobile perception. The analysis of these findings is used to suggest how this perception can be used to define the nature of energy requirements for the future. The study points out the need to revolutionise the way in which automobiles are designed, produced and utilised, giving consideration to transport safety and efficiency, in order to harness the potential of renewable and storable energy resources, an idea which has once again gained in popularity with many concerns.

The study emphasizes the key role played by industrial design in ensuring that the potential and the development of renewable and storable energy sources is met and applied correctly to the design of automobiles.

Keywords: Automobile, Energy, Industrial Design.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. ENERJİ KAVRAMI VE TÜRLERİ	3
2.1. Enerji Kavramı	3
2.1.1. Enerji	3
2.1.2. Enerjinin sınıflandırılması.....	5
2.2. Enerji Türleri.....	6
2.2.1. Tükenebilir enerji kaynakları	6
2.2.2. Yenilenebilir enerji kaynakları.....	20
2.3. Enerji Kullanımının Gelişimi.....	34
2.3.1. Endüstri öncesi dönem	35
2.3.2. Endüstri Devrimi ve sonrası.....	39
2.4. Enerji Kullanımının Etkileri.....	44
2.4.1. Çevreye etkileri	44
2.4.2. Enerji kaynaklarının günümüzdeki kullanımı ve enerji politikaları ...	51
3. OTOMOBİL KAVRAMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ.....	55
3.1. Otomobil Kavramı	55
3.2. Otomobilin Tarihsel Gelişimi	55
3.2.1. Otomobil öncesi dönem	56

3.2.2. Otomobilin ortaya çıkışı.....	58
3.2.3. Seri üretim dönemi.....	63
3.2.4. Birinci dünya savaşı.....	65
3.2.5. İkinci dünya savaşı.....	70
3.2.6. Bolluk dönemi.....	70
3.2.7. Modern çevreciliğin doğuşu.....	72
3.2.8. Petrol krizi.....	75
3.2.9. Küreselleşme ve etkileri.....	78
4. OTOMOBİLLERİN KULLANILAN YAKIT TÜRLERİ TEMELİNDE	
SINIFLANDIRILMASI.....	81
4.1. Geleneksel Sistemler.....	81
4.2. Alternatif Sistemler.....	82
4.2.1. Elektrikli araçlar.....	82
4.2.2. Hibrit araçlar.....	84
4.2.3. Yakıt hücreli araçlar.....	88
4.3. Alternatif Sistemlerle Geleneksel Sistemlerin Karşılaştırılması.....	90
4.3.1. Enerji verimliliği ve performansı.....	90
4.3.2. Çevresel etkileri.....	94
4.3.3. Otomobil tasarımları.....	96
5. SONUÇ.....	104

ÇİZELGELER DİZİNİ

2.1. Dünyadaki petrol rezervleri.....	10
2.2. Dünyadaki büyük petrol tüketicileri	11
2.3. Dünyadaki büyük kömür tüketicileri	15
2.4. Dünya kömür üreticileri	16
2.5. Dünyada en çok doğal gaz kullanan ülkeler	18
2.6. Dünyadaki doğal gaz rezervleri	18
2.7. PV Modüllerin dünya pazarındaki elektrik üretimindeki payları	32
2.8. Dünyada en çok etanol ve biyodizel üreten ülkeler ve üretim miktarları	34
2.9. Enerji kullanımının ve insanlık tarihinin önemli olaylarının kronolojik bir sıralaması.....	41
2.10. Tarihte enerji sağlayan kaynakların üretebildikleri enerji miktarları.....	43
2.11. Atmosferi oluşturan başlıca gazlar ve oranları	46
2.12. Karbondioksit oranı ve atmosfer sıcaklığının değişim grafiği	46
2.13. Endüstri devrimi ve sonrasındaki karbondioksit salınımı artışı	47
2.14. Elektrik üretiminde kullanılan bazı kaynaklar ve gaz salınım oranları ..	50
2.15. 2002 yılı itibariyle enerji türüne göre dünya enerji tüketimi	52
2.16. Dünya enerji kullanımının sektörlere dağılımı	53
2.17. Ulaşım sektöründe petrol tüketiminin payı ve toplam petrol tüketiminin ulaşım sektöründe kullanılma payı.....	54
4.1. A.B.D.'de üretilen içten yanmalı araçların 100 km. başına ortalama yakıt tüketimleri ve yakın gelecek için öngörülen değerler	91

4.2. Hidrojen ve elektrik enerjisinin, elektrik motorlu araçlardaki enerji kayıpları ve verim düzeyleri.....	92
4.3. 15 kW gücündeki bataryaların ağırlık karşılaştırmaları.....	93
4.4. Otomobillerin yakıt türüne göre ekonomik karakteristikleri	94
4.5. Araç tipleri ve enerji kaynaklarına göre gaz salınım oranları	95
4.6. Üründeki yenilikçilik düzeyi ile memnuniyetlik arasındaki ilişki	98

ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1. California - A.B.D.'de Petrol Kuyuları, 1938	9
2.2. Güneş enerjisinin Yerküre'ye etkilerinin şematik gösterimi	22
2.3. Pasif Güneş Sistemi İçin Şematik Konumlandırma	24
2.4. Sırlanmamış sistem	26
2.5. Düz kaplama su toplayıcılar	27
2.6. Doğrusal odaklı solar toplayıcılar	28
2.7. Noktasal odaklı solar toplayıcılar	29
2.8. PV hücresinde elektrik akımının oluşumu	31
2.9. PV sistemin kaynak ve çıkış akım şeması	31
2.10. Yük taşımada kullanılan ilkel bir kızak çizimi	36
2.11. İlk araba örneklerinin temsili çizimi	37
2.12. Bir Sümer tableti	38
2.13. 1879 yılına ait bir resimleme. ABD'de bir fabrikada kömür işçileri	40
3.1. Nicolas-Joseph Cugnot'un 1769 yılında yaptığı buharlı araç	56
3.2. Sibrandus Stratingh tarafından yapılan, elektrik ile çalışan ilk araç	57
3.3. 1901 yılında üretilen Daimler Mercedes	60
3.4. Ayrton ve Perry'nin yaptıkları elektrikli araç	62
3.5. Entz'in yapmış olduğu petrol ve elektrikle çalışabilen hibrit aracın teknik çizimlerinden birisi	62
3.6. Ford tarafından seri üretimi yapılan ilk otomobil: 1908 yapımı "Model T"	64
3.7. 1922 Lancia Lambda'nın bütünleşik iskelet yapısı	66
3.8. 1934 üretimi Tatra 77	68

3.9. 1938 üretimi Volkswagen Beetle	68
3.10. 1934 üretimi Chrysler Airflow	69
3.11. 1947'de Japonya'da üretilen Tama Electric Powercar	72
3.12. 1967 yapımı Ford Comuta	74
3.13. 1966 yapımı GM Electrovair ve Electrovan	74
3.14. 1974 yapımı Serbring-Vanguard Citicar	76
3.15. 1980 yılında üretimine başlanan Ford Escort	78
3.16. General Motors EV1	80
4.1. Otomobilin mekanik bileşenlerini taşıyan şasi sistemi	82
4.2. Elektrikli bir aracın hareket sisteminin şematik gösterimi	83
4.3. Tesla Roadster	84
4.4. Seri hibrit bir aracın hareket sisteminin şematik gösterimi	85
4.5. Paralel hibrit bir aracın hareket sisteminin şematik gösterimi	86
4.6. Ayrık paralel hibrit sistem	87
4.7. Bir yakıt hücresinin elektrik üretme süreci	89
4.8. Honda FCX	89
4.9. İstiflenebilir kent içi ulaşım araç tasarımları	101
4.10. Normal ve dar hatlı (narrow-line) araçlarda şematik oturma pozisyonları	101
4.11. Kent aracı tasarımlarından bir örnek	102
4.12. Alternatif araçlarla geleneksel araçların trafikteki ilişkilerinin örnek bir gösterimi	103
4.13. İnsan gücüyle çalışan ulaşım aracı tasarımlarından bir örnek	104

Tülin Abla'ma ve Gürsel Abi'me...

1. GİRİŞ

Konunun amacı, yenilenebilir enerji kaynaklarının otomobilin kimliğinin oluşmasına etkileri ve kullanılagelen enerji kaynaklarının değişiminin otomobil tasarımına yansımaları konusunda bir incelemede bulunmaktadır.

Literatür araştırmalarının gösterdiği önemli bir sorun, yenilenemeyen doğal enerji kaynaklarının artık kritik bir seviyeye inmiş durumda olduğudur. Buna ilave olarak, özellikle petrol türevlerinin dünyaya ve ekolojiye verdiği zararın, bu ürünün yararını gölgelemeye başladığı kamuoyu tarafından fark edilmektedir. Bu durum, kamuoyunda oluşan bilinçlenmenin ve gelecek kaygısının da etkisiyle otomobil üreticilerini yeni arayışlara itmeye ve bunları kullanılabilir hale getirmeye yönlendirmektedir.

Güneş enerjisi uzun bir zaman sürecinde fotosentez vb. yollarla çeşitli enerji formlarına dönüşerek yeryüzünde birikmeye başlamıştır. Yenilenemez nitelikteki bu enerji türlerinin kullanılmasıyla tarihsel, toplumsal ve bireysel yaşamda çok önemli gelişmeler kaydedilmesini sağlamıştır. Kömür ve odun gibi yine güneş enerjisinin şarj olmuş türevleriyle insanlık sanayi devriminin eşğine kadar gelmiştir. Gerçek sıçramayı, bu ilerlemenin yakıtları olan petrolün ve elektriğin etkin olarak kullanılmaya başlaması sağlamıştır.

Endüstriyel tasarım, işte bu devrimlerin ortasında doğmuştur. Geliştirilen motorların petrolle çalışması, tasarlanan araçları da motor düzeneğine göre şekillendirmiştir. Yüzyılın başından bu yana elektriğin bu alanda kullanılması, ufak deneysel yaklaşımları ve sınırlı üretimleri bir kenara bırakırsak, mümkün olmamıştır. Bunun nedeni, petrol türevi yakıtların açığa çıkardıkları enerjinin depolama hacimlerine oranlarının çok yüksek olmasıdır. Ancak gelişen teknoloji elektrik enerjisinin dolaylı yollardan da olsa bu alanda kullanılabilir olabilecek verimliliğe erişmesini sağlamaya başlamıştır.

Otomobiller bu depolama ünitelerine ve motorların yapılarına göre şekillenmektedir. Ortaya çıkmakta olan yeni nesil elektrik motorları ve depolama birimleri, artık otomobilin var olan temel kimlikte üretilme zorunluluğunu ortadan kaldırmaya başlamıştır.

Bu çalışmada; enerji kaynaklarının nitelikleri ve kullanım biçimleri incelenecek, temel olarak yukarıda sayılan gelişmeler retrospektif bir araştırmaya tabi tutulacak, bu enerji kaynaklarının otomobil kimliğine ne yönde etkilerde bulunduğu ortaya konulacak ve mevcut gelişmeler ışığında bu kimliğin sorgulanması gerektiğine işaret edilecektir.

2. ENERJİ KAVRAMI VE TÜRLERİ

Bu çalışmadaki bazı bilimsel ve teknolojik ana kavramlara yakınlık kazanılması amacıyla, öncelikle enerji kavramı ve yan kavramları hakkında bazı temel açıklamalar yapmak yerinde olacaktır.

2.1. Enerji Kavramı

İnsanlık, tarih boyunca bazı enerji çeşitlerini kullanarak enerji kavramının kendisini inceleyebilecek düşünsel seviyeye ulaşmıştır. İlk olarak enerji kullanımının verimliliği üzerinde ilerleme kaydetmiştir. Buna paralel olarak, tüm enerji çeşitlerinin ortak bir özelliğinin bulunabileceği düşüncesi hakim olmaya başlamıştır. Böylece, enerji birimi kavramı ortaklaşa bir büyüklük olarak ortaya çıkmıştır. 17. yy.da başlayan böyle bir kavram, sonraki 200 yıllık bir sürede gelişerek, yakıtların yanması, makinelerin pervanelerinin çalıştırılması, jetlerin işlenmesi ve piller gibi çok farklı enerji olaylarının ortaklaşa bir büyüklüğü olmuştur. Farklı süreçler, çok farklı enerji çeşitleri arasında sayılabilir. Bunlardan en önemlileri termal (ısı) enerji, yakıt veya pillerdeki kimya esaslı enerjiler, hareket eden cisimlerin kinetik enerjileri, duran cisimlerin potansiyel enerjileri, yerçekimi enerjisi ve elektromanyetik enerjidir (Şen 2002).

2.1.1. Enerji

Bugün bilinen yönleriyle enerji, bütün fiziksel var oluşun temelinde yatan ana unsurdur. Atomların ve tüm atom-altı parçacıkların temel kavramsal yapıtaşdır. Einstein'ın matematiksel kanıtıyla maddenin ve enerjinin birbirine dönüşebildiği ortaya çıkarılmıştır. Yapılan, üretilen, değiştirilen her şeyde ve her türlü eylemin, hareketin oluşumunda enerji vardır. Nefes alışımız, uyumamız,

düşünmemiz, ısınmamız, aydınlanmamız, ulaşımımız, endüstriyel üretimimiz, kısacası tüm yaşamsal faaliyetlerimizde enerji kullanılır. Enerjinin insanlar ve yaşam için bu kadar önemli oluşu, fizikten sosyolojiye, politikadan çevre bilimine, ekonomiden sağlığa kadar birçok alanın önemli bir parametresi olmasını beraberinde getirir.

Enerji kelimesi, Yunanca “en” (iç) ve “ergon” (iş) kelimelerinin bileşiminden türetilmiştir. Enerjinin normal teknik tanımı ise, iş yapabilme kapasitesi ya da yetisi olarak ifade edilir. Tamamlanmış bir iş, uygulanan toplam güç miktarıyla kat edilen yolun bir ürünü olarak tanımlanır:

$$\text{İş} = \text{Güç} \times \text{Yol}$$

Bu formülde, “güç” olarak ifade edilen birim “Newton (N)” ve “yol” olarak ifade edilen birim “Joule (J)” cinsinden belirtilir. Newton ise, 1 kilogramlık (kg.) bir nesnenin her birim saniyede kat ettiği 1 metrelik (m.) yol olarak tanımlanır (m.sn²) (Boyle 1996).

Enerji çeşitleri, birbirlerine çeşitli yollarla dönüştürülebilmektedirler. Ancak bu dönüşümde toplam enerji miktarı her zaman sabittir. Bu kurala, “Termodinamiğin 1. Kuralı” denir. Belli bir enerji dönüşüm sisteminde, giren enerji çeşidi, ürün olarak çıkan enerji çeşidinden büyük bir değere sahipse, bu sistemin içinde bir enerji tüketimi meydana gelmiştir, denilebilir. Eğer enerjinin toplam miktarı sabit kalıyorsa, bir enerji tüketimi olgusundan nasıl bahsedebiliyoruz? Cevap, aslında bizim enerjiyi tüketmediğimiz, bir formdan sürekli başka bir forma çevirdiğimiz olmalıdır. Örneğin, biz ancak, hazır bulunan bir enerji kaynağı olan “yakıt’ı” tüketebiliriz. Bu kimyasal enerjiyi, içten yanmalı bir motorda ısı enerjisine, ortaya çıkan bu ısı enerjisini de aracın hareket enerjisine çeviririz. Bir rüzgâr türbini rüzgârın hareket enerjisini elektrik enerjisine çevirir, bu elektrik enerjisi de bir lambanın ışık yaymasını sağlayan ısı enerjisine dönüşür. Bütün bir orman güneşin ışık enerjisini bitki hücrelerinde

kimyasal enerjiye çevirerek depolar. Bir galon petrol ya da bir şehrin çöp deposu bile, birikmiş birer enerji kaynağıdır (Boyle 1996).

2.1.2. Enerjinin sınıflandırılması

Enerjileri çeşitli ölçütleri temel alarak sınıflandırmak mümkündür. Kategorize edilen enerji çeşitleri, bu sınıflandırmalara bağlı olmaksızın birbirine dönüştürülebilmektedir.

Enerjiler kaynaklarına göre; katı, sıvı, gaz yakıtlarla hidrolik, nükleer, güneş, biyokütle (biyomass), rüzgâr, jeotermal vb. enerjiler olarak ayrılabilir. Fiziksel ve ekonomik yönleriyle de; mekanik (potansiyel ve kinetik), termik, kimyasal, fiziksel, elektromanyetik, elektrik vb. enerjiler olarak gruplandırılabilir. Herhangi bir değişime ya da dönüşüme uğrayıp uğramadığına göre enerjiler Birincil (Primer) ve İkincil (Sekonder) enerjiler olarak iki ana gruba ayrılabilir. Birincil enerjiler, doğadaki enerjilerin herhangi bir değişim ya da dönüşüm geçirmemiş biçimindedir. İkincil enerjiler ise, birincil ya da diğer ikincil enerjilerin dönüştürülmesi sonucu elde edilmektedir. Enerjiler, hammaddelerinin özgül enerji içeriklerine göre; yoğun enerjiler ve yoğun olmayan enerjiler olarak ayrılabilirler. Enerjiler, ayrıca enerji hammaddesinin depolanabilirliğine göre ve kullanımı sırasında çevreye zarar verip vermediğine göre de gruplandırılabilir. Enerji çeşitleri, kaynaklarının tükenebilir olup olmadığına göre de sınıflandırılmaktadır (Acaroğlu 2003).

Görüleceği üzere enerji kavramı birçok farklı yönden incelenip sınıflandırılabilir. Bu çalışmanın konusuyla olan ilgisinden ve neden-sonuç ilişkilerinde çalışma amacına yönelik bir çerçeve sunabilmesi açısından, enerjilerin tükenebilir-yenilenebilir özellikte olmalarına göre incelenmesi uygun görülmüştür. Bu sınıflandırmada temel olması bakımından, öncelikle yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kavramlarını açıklamak yerinde olacaktır.

2.2. Enerji Türleri

Yenilenebilir (alternatif) enerji, doğal çevreden sürekli veya tekrarlamalı olarak akan enerjiden elde edilir. En yaygın olanı, 24 saat tekrarlamalı olan güneş enerjisidir. Bu enerjinin en önemli yanı, bu gücü yakalayacak insan yapımı bir cihaz olsun ya da olmasın, çevremizden bir enerji akımı halinde geçmesidir. Yenilenemeyen (tükenebilir) enerji, insan müdahalesi olmadıkça salınmayan, bağlı bulunan statik enerji depolarından elde edilen enerjidir. Nükleer ve fosil yakıtlar (kömür, petrol, doğalgaz vb.) bunun örnekleridir. Bu enerji pratikte izole edilmiş bir potansiyele sahiptir ve enerji akımını başlatmak için bir dış etki gerekmektedir (Acaroğlu 2003).

2.2.1. Tükenebilir enerji kaynakları

Bu bölümde genel olarak hazır bulunan geleneksel enerji kaynakları, tükenebilirlik ortak paydasında derlenerek incelenmiştir. Bu enerji kaynakları tanımlanmaya çalışılacak, tarihçesi, üretimi ve tüketimi konularında genel bir bilgi sunulacak, rezervleri hakkında bir değerlendirme yapılmaya çalışılacaktır. Aşağıda yer alan tükenebilir enerji kaynakları, dünyadaki üretim miktarı niceliğinin fazlalığına göre sıralanmıştır.

Petrol

Petrol halk arasında, yalnız belirli bir yakıt (Benzin, Gazyağı, Dizel - Motorin, Motor yağı, Fuel oil) olarak bilinmesine rağmen, aslında petrol kelimesi doğal halde bulunan ve yeraltından çıkarılan işlenmemiş ham petrol anlamına gelmektedir. Petrol sözcüğü, Latince taş anlamına gelen “petra” ile yağ anlamına gelen “oleum” sözcüklerinden oluşmuştur ([http 1](http://1)).

Petrol, onlarca, hatta yüzlerce milyon yıl önce denizlerde çoğalmış ve tortul katmanlar halinde birikmiş bitkisel ve hayvansal su organizmalarının ağır bakteriyolojik bozunmasının bir sonucudur (Büyük Larousse 1992).

Genellikle tercih edilen hafif ham petrol, 2300 – 6000 m. derinlikte oluşmaktadır. 6000 metre derinlik ve üzerinde ise, 145 °C seviyesine çıkan sıcaklık, sıvı petrolün grafitte (karbon) ve doğalgaza dönüşmesine yol açmaktadır (Nersesian 2007).

Petrolün yapısı

Petrol temel olarak, yapısında yalnız karbon ve hidrojen elementleri bulunan hidrokarbonları içermekle birlikte bu iki element çok çeşitli karmaşık molekül yapıları oluşturur. Fiziksel ve kimyasal özellikleri çok değişik olmakla birlikte hemen bütün sıvı petrol türleri ağırlıkça yüzde 82–87 arasında karbon, yüzde 12–15 arasında da hidrojen içerir. Ağdalılığı daha yüksek olan asfaltlarda ise, bu oranlar yüzde 80–85 arasında karbon ve yüzde 8–11 arasında hidrojen biçimindedir. Ham petrol, başlıca üç kimyasal dizi halinde gruplanabilir: Alkanlar (parafinler), naftenler ve aromatik bileşikler. Ham petrolerin büyük bölümü, bu üç dizideki bileşiklerin çok çeşitli oranlardaki karışımları halinde bulunur. Değişik kaynaklardan elde edilen ham petrolerin bileşimleri de bu yüzden birbirinden farklıdır (Ana Britannica 1990).

Petrolün kullanımı

Ham petrolün neredeyse tümü yerin altından çıkarılır. Öte yandan, çok az da olsa bazı petrol gölleri ya da zift çukurlarının var olduğu bilinmektedir. Bu petrol kaynaklarının yaklaşık yarısı, en ileri çıkarma teknikleriyle bile çıkarılamaz durumdadır. Petrolün geri kalan çıkarılabilir bölümü, bilinen rezerv olarak

adlandırılabilir. Bir bölgede petrol rezervi olduğu, jeolojik çalışmalarla kayaç oluşumları incelenerek tahmin edilebilir, ancak o bölgede bir rezerv olduğu, sondaj aletinin delme ucu kuru kaldıkça kesin olarak bilinemez (Nersesian 2007; Ana Britannica 1990).

Ham petrol, çoğunlukla doğrudan kullanılmaz. Arıtma yoluyla benzin, mazot yağlama yağı ve petrokimya ürünleri gibi kullanışlı ürünlere dönüştürülür. Temel arıtma işlemi ayrımsal damıtmadır. Bunu sonucunda elde edilen karışımlar soğurma, sıyırma, çözücüyle özütleme ve kristallendirme gibi fiziksel yöntemler uygulanarak ayrıştırılabilir.

Petrol arıtma işlemleri ABD’de ve Rusya’da 19. yüzyılın ikinci yarısında başladı (bkz. Şekil 2.1.). İlk arıtma tesislerindeki basit kazanlarda ham petrolden, arı olmayan benzin, gaz yağı (kerozen), yağlama yağı ve yağyakıt (fuel oil) ayrılabilirdi. İlk otomobil yakıtı ise, ham petrolün gaz yağında bulunmayan hafif bileşenlerinden oluşuyordu. 1. Dünya Savaşı’ndan sonra arıtma işlemlerindeki en büyük gelişme Parçalama (kraking) sürecinin bulunması oldu. Bu işlemde, çok miktarda ağır petrol basınç altında ısıtıldığında, büyük moleküller parçalanarak ya da bölünerek daha hafif ve değerli küçük moleküllere ayrılır. Bu yolla elde edilen benzin otomobil motorlarında, doğrudan damıtma yoluyla elde edilen benzinden daha çok verim sağlar.

1930’larda ve 2. Dünya Savaşı sırasında geliştirilen katalitik kraking, polimerleştirme, alkilleme, izomerleştirme gibi daha ileri arıtma işlemleriyle yakıtların niteliği ve üretim miktarı daha da arttı. 1950’lerde ve 1960’larda jet yakıtlarına ve üstün nitelikli yağlama yağlarına duyulan gereksinim büyüdü ve katalitik reforming (düzeltim) işlemiyle benzinin niteliği yükseltildi.

Petrol fosil yakıtları gemilerde, otomobillerde ve hava taşıtlarında kullanılmaktadır. Farklı türevdeki motorlar için farklı yakıt tipleri vardır ve bu yakıtların da kaynama noktaları farklıdır. Bu nedenle ham petrol, ilk olarak “Damıtma” yöntemiyle ayrıştırılarak rafine edilmeye başlanmaktadır. Daha hafif sıvı yakıtların, içten yanmalı motorlarda kullanımı daha popüler hale gelmeye başladıkça, modern petrol rafinerileri ağır hidrokarbonlardan bu hafif yakıtları



Şekil 2.1. California - A.B.D.'de Petrol Kuyuları, 1938 (http 2)

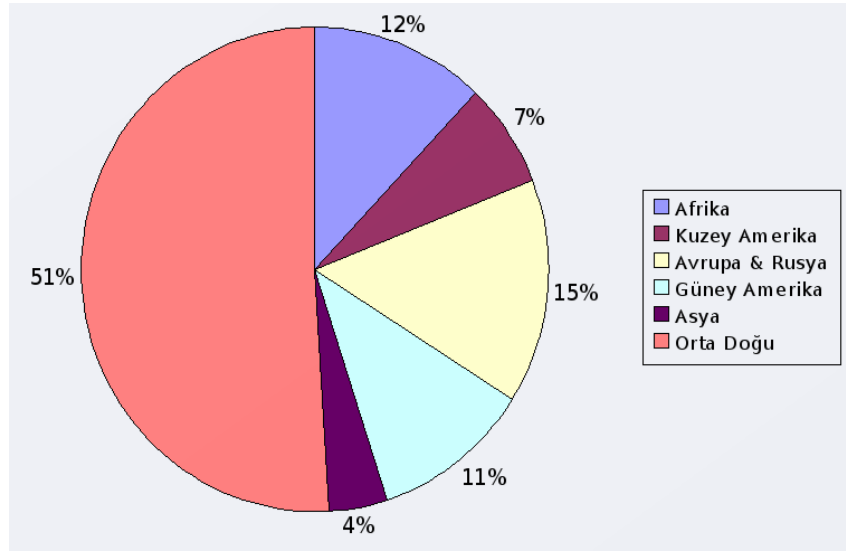
elde edebilmek için, daha çok enerjiye gereksinim duyan yeni işlemler geliştirmişlerdir (Nersesian 2007).

Petrol rezervleri ⁽¹⁾

Dünyadaki petrolün çok büyük bölümü, çok büyük birkaç yatakta toplanmıştır, geri kalan yatakların çoğu ise küçüktür (bkz. Çizelge 2.1.). Öte yandan araştırmalar sürdükçe, bulunan yatakların büyüklüğü ve içerdiği petrol miktarı da düşmektedir. Petrolün ilk olarak çıkarıldığı 1859'dan beri yaklaşık 50 bin petrol yatağı bulunmuştur, ama bunların yüzde 90'ından çoğunun dünya petrol üretimindeki payı önemsizdir. Hiçbir petrol rezervindeki petrol türünün bileşimi ile bir diğerinin bileşimi aynı değildir. Bundan dolayı, dünyada bulunan bu rezervlerin toplam sayısı kadar da petrol türü olduğu söylenebilir (Nersesian 2007).

⁽¹⁾ Rezerv, Henüz işletilmemiş maden ya da ham petrol kaynağı olarak tanımlanabilir (Büyük Larousse 1992).

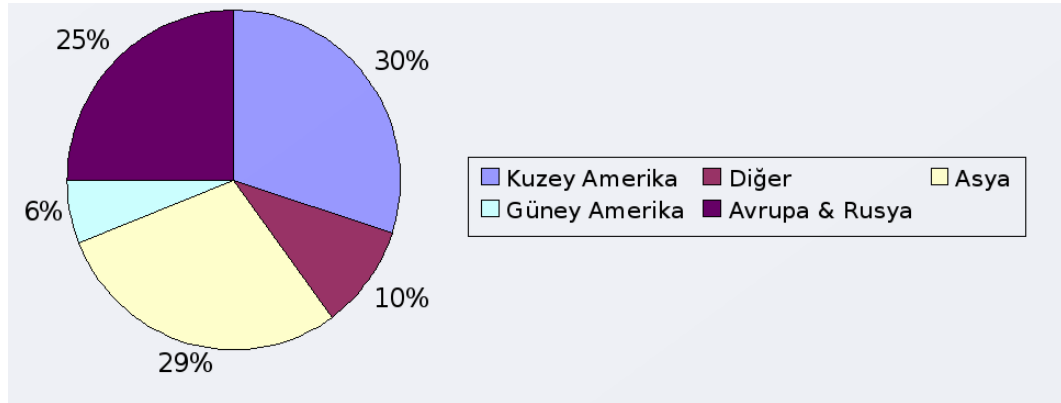
Çizelge 2.1. Dünyadaki petrol rezervleri (Nersesian 2007).



Dünyadaki petrol rezervlerinin bulunduğu coğrafi bölgeler, stratejik olarak çok önem kazanmıştır. Günümüz ekonomisinin bel kemiği durumuna gelen bu yakıtın, yalnızca belli bölgelerde büyük rezervlere sahip olması, bu rezervlere sahip olan ülkeleri çok önemli bir konuma getirmiştir (bkz. Çizelge 2.2.). Ortadoğu, petrolün önemli bir bölümünü elinde bulundurmaktadır. Bu durumun bilincine varan Orta Doğu devletleriyle bazı önemli üreticiler, OPEC⁽²⁾ adında petrol fiyatlarını ve yıllık üretim miktarını belirleyen bir örgüt kurmuşlardır. Çoğu OPEC üyesi, ülkesini modernleştirmeye çalışan gelişmekte olan ülkelerdendir. Petrol, çok büyük miktarlarda para akışı sağlaması dolayısıyla bu ülkelerin birincil önceliği konumundadır. Daha da önemlisi, petrol üretimi sürdürükçe, bu ülkelerin dünya ekonomisi üzerindeki egemenliği de devam edecektir.

⁽²⁾ İngilizce Organization of Petroleum Exporting Countries (Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü), üye ülkelerin petrol politikaları arasında eşgüdüm sağlamak ve üye devletlere teknik ve ekonomik yardımda bulunmak amacıyla kurulmuş çokuluslu bir örgüttür (Ana Britannica 1990).

Çizelge 2.2. Dünyadaki büyük petrol tüketicileri (Nersesian 2007).



Örgütü oluşturan bu 12 ülke bilinen rezervlerin üçte ikisini kontrol etmektedir. Bu da petrolün yalnızca ekonomik olarak değil, aynı zamanda politik olarak da ne derece hassas bir rol oynadığını göstermektedir. Dünyadaki petrolün ilk 200 milyar varili 1859–1968 yılları arasında, ikinci 200 milyar varili ise 1968–1978 yılları arasında çıkarılmıştır. Bu tarihten sonra petrol üretimi, yılda yaklaşık 22 milyon varillik sabit bir hıza ulaşmıştır. Dünya toplam petrol rezervlerinin 2390 milyar varil olduğu sanılmaktadır. Bunun yüzde 77’si bulunmuş, yüzde 30’u da çıkarılarak tüketilmiştir. Petrol tüketimi bugünkü hızıyla sürerse, bilinen kaynaklar 21. yüzyılın ortalarında tükenecektir (Schlager ve Weisblatt 2006; Ana Britannica 1990; http 3).

Bu bilgiler ışığında, petrolün yenilenemez bir enerji kaynağı olmasının yanında, artık rezerv sıkıntısının baş göstereceği ve kaynak bulmada yapılan petrol aramalarının çözüm sunamadığı görülmektedir. Bu değerlendirme, çevresel faktörler hariç tutularak yapılmıştır. Dünyadaki bilinen rezervlerin tükenme zamanıyla ilgili yapılan öngörüler, petrole bağımlı dünya ekonomisi için çok büyük bir darboğaza işaret etmektedir. Yalnızca bu neden bile, yenilenemez enerji kaynaklarının enerji teminindeki uzun vadeli çözümsüzlüğünün ve alternatif çözüm yollarının geliştirilme zorunluluğunun anlaşılması için yeterlidir.

Kömür

Kömür, katmanlı tortul çökellerin arasında bulunan katı, koyu renkli ve karbon bakımından zengin bir kayaç türü olarak adlandırılabilir. Temel olarak katı hidrokarbon bir yapıda organik bir maddedir. Yapısında çok büyük bir oranda karbon ve hidrojen olmak üzere, sülfür ve nitrojen gibi başka elementler de bulundurmaktadır (Schlager ve Weisblatt 2006; http 4). En önemli fosil yakıtlardan birisidir. Günümüzde enerji kaynakları arasında giderek azalmakla birlikte, hala çok önemli bir konumda bulunmaktadır.

Kömür temel olarak bitkilerin su ve çamurlu habitatlarda oksidasyondan ve biyolojik bozunmadan korunmasıyla oluşmuştur, denilebilir. Dünyanın çoğu bölgesinde bulunan kömüre, Yer'in yüzeyine yakın bölümlerinde ya da çeşitli derinliklerde rastlanır. Kömür çok miktarda organik kökenli maddenin kısmi ayrışması ve kimyasal dönüşüme uğraması sonucunda oluşan birçok madde içerir. Bu oluşum sürecine "Kömürleşme" denir (Nersesian 2007).

Kömürün yapısı

Kömürler yoğunluk, gözeneklilik, sertlik ve yansıtıcılık (ışığı yansıtma derecesi) bakımından farklılıklar gösterir. Hemen bütün kömür türleri bazı inorganik malzemeler, genellikle de killer, sülfürler ve klorürler içerir. Bunlarda eser miktarda cıva, titan ve manganez gibi bazı elementlere de rastlanır (Ana Britannica 1990).

Kömürler çeşitli biçimlerde sınıflandırılabilir. En yaygın sınıflandırma sistemi, kömürün ulaştığı kömürleşme derecesine göre düzenlenmiş olanlarıdır. Başlıca kömürleşme dereceleri ya da aşamaları, linyit, yağsız kömür, taşkömürü ve antrasittir. Linyitten antrasite doğru derece yükseldikçe, kömürdeki sabitleşmiş karbon miktarı artarken, ısıtıldığında kömürün saldıdığı uçucu madde miktarı azalır. Bu nedenle kömürün çoğu özelliği, kömürleşme derecesine bağlı olarak değişir;

örneğin yakıldığında kömürün saldığı gazların miktarı ya da kömürün metalürji koku üretiminde elverişli olup olmadığı, malzemenin kömürleşme derecesine bağlıdır (Ana Britannica 1990).

Kömürün kullanımı

Kömürün popüler bir yakıt olarak ortaya çıkması, 19. yüzyılda İngiltere’de olmuştur. O zamanlarda kömürü öne çıkaran özellik, birim kütleinin odundan daha çok enerji verebilmesi, buna karşın daha ucuz olması idi. Mucitlerin tasarladıkları buhar kazanlı motorlarda kullanılmaya başlayarak İngiltere’nin gerçek anlamda endüstrileşmiş bir toplum olmasını sağlamıştır. 20. yüzyılda kömür kâğıt yapımı, demir, çelik, seramik ve çimento üretimi için gerekli olan enerjiyi sağlamıştır (Schlager ve Weisblatt, 2006; Ana Britannica 1990).

Kömürden elde edilen en önemli yakıt havagazıdır. Havagazı, kentlerde ısınma ve aydınlanma maksadıyla kullanılmak üzere kömürden imal edilen gaz olarak nitelendirilebilir. Üretiminde kullanılan yöntemlere göre bileşimi değişkenlik gösterir, ancak genellikle hidrojen, karbon monoksit, metan ve uçucu hidrokarbonlar gibi kalorili gazlardan ve az miktarda da karbon dioksit ve azot gibi kalorisiz gazlardan oluşur (Nersesian 2007).

Havagazı ilk kez 18. yüzyılın sonlarında, ayrımsal damıtma yoluyla İngiltere’de üretilmiştir. Havagazı, elektriğin yaygınlaşmasına değin sokakların ve evlerin aydınlatılmasında, merkezi ısıtmada ve konutlarda yaygın bir biçimde kullanılmıştır. Isıtma ve yakma işlemlerinde havagazının yerini zamanla doğalgaz almış, ama doğal gazın zamanla pahalılaşması üzerine 20. yüzyılın son çeyreğinde kömürden gaz elde etmek için eski yöntemler gündeme gelmiş, yeni yöntemlerin araştırılmasına hız verilmiştir.

Üzerinde çalışılan yöntemlerden biri de, daha 1870’te geliştirilmiş olan, kömürün toz halinde öğütüldükten sonra yüksek sıcaklıklarda hava ve buharla karıştırılmasıdır. Değişik enerji kaynakları bulma çabaları çerçevesinde, kömürün

ham petrole benzeyen bir sıvı yakıtı dönüştürülmesi çalışmalarına ağırlık verilmiştir. Bu amaçla uygulanmaya çalışılan bir yöntem de piroliz ve hidrojenlemedir; bu yöntem, kömürün yüksek basınçlar altında, çoğunlukla bir katalizörün eşliğinde hidrojenle tepkimeye sokulmasına dayalıdır.

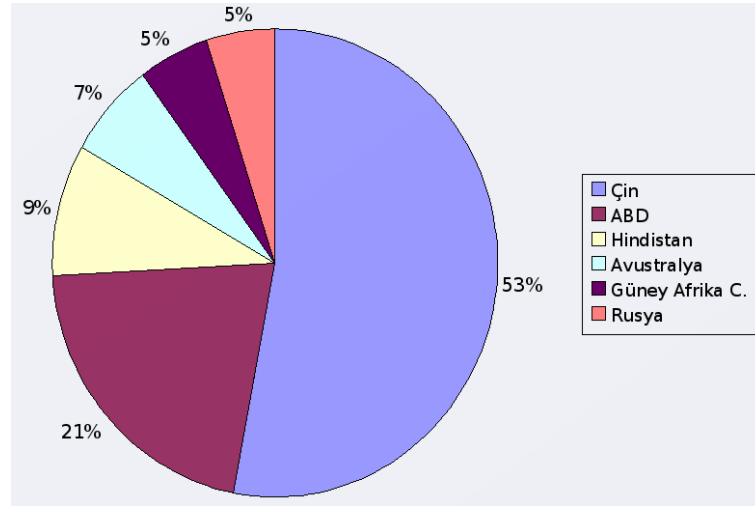
2. Dünya Savaşı sırasında Almanya'da kömürün hidrojenlenmesi yaygın olarak kullanılan bir tekniktir, ama bu üretim yöntemi petrolden benzin elde etmekten çok daha pahalıya mal olduğundan giderek ticari önemini yitirdi. 1970'lerin sonlarından beri, özellikle geniş kömür yataklarının bulunduğu ülkelerde kömürün ekonomik olarak sıvılaştırılmasında yararlanılabilecek tekniklerin geliştirilmesine yönelik araştırmalar sürdürülmektedir (Ana Britannica 1990).

Kömürün günümüzde birincil kullanım alanı, elektrik kullanımınıdır. Elektrik ve doğal gaz temelli ev ısıtma sistemleri genellikle gelişmiş ülkelerde kullanılırken, kömür halen Çin ve Hindistan gibi ülkelerde ısıtma aracı olarak kullanılmaktadır. Kömür kullanımında lider ülkeler Çin, ABD, Avrupa ülkeleri, Hindistan, Rusya ve Diğer eski Sovyet Cumhuriyetleri ve Japonya'dır (bkz. Çizelge 2.3.).

Kömür rezervleri

Dünya'nın hemen her tarafında çeşitli büyüklüklerde kömür rezervleri bulunmaktadır. Dünya enerji gereksiniminin yaklaşık %25 kadarı kömürden sağlanmaktadır. Bilinen kömür yatakları incelendiğinde, Güney ve Kuzey bölgeler arasında önemli bir farklılık olduğu görülmektedir. Güney yarımküre, kömür bakımından oldukça yoksundur. Bunun nedeni, Devonyen dönem ve daha önceki dönemlerin alçak ovalarında kömür yataklarını oluşturacak ölçüde kalın depolarının birikmesine elverişli bitkisel yaşamın olmamasıdır (http 4; Schlager ve Weisblatt 2006).

Çizelge 2.3. Dünyadaki büyük kömür tüketicileri (Nersesian 2007).



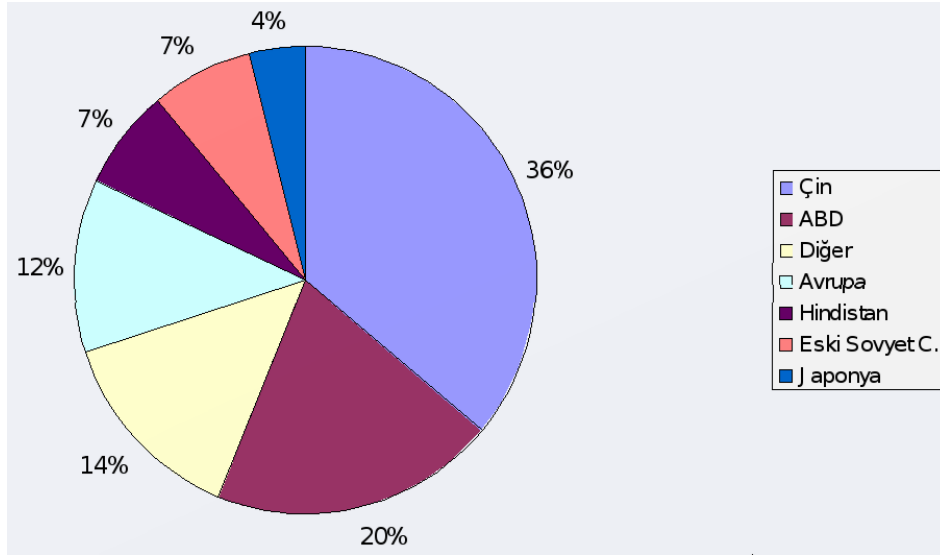
Kömür, çok büyük miktarların tek kaynaktan ya da dar bir alanda bulunan bir dizi kaynaktan (madenden) çıkarılmasıyla kullanılabilir duruma gelir (Hotchkiss ve ark. 2002). Son 25 yılda yüzde 78 artışla 4970 milyon ton kömür bugün çıkarılmış ve kullanılmış durumdadır. Kömür üretimi Asya kıtasında artmakta iken, Avrupa kıtasında azalmaktadır. En büyük kömür üretici ülkeler Çin, ABD, Hindistan, Avustralya ve Güney Afrika Cumhuriyeti'dir (bkz. Çizelge 2.4.). Üretilen kömürün %16 kadarı uluslar arası dolaşıma katılmaktadır (http 6).

Görüleceği üzere, kömürü en çok üreten ülkeler genellikle kömürü en çok kullanan ülkelerdir. Dünya Kömür Enstitüsü (http 6), kömür üretiminin 2030 yılı itibarıyla 7000 milyon ton civarına ulaşacağını söylemektedir. Bu durum, devoniyen çağdaki karbondioksit oranına bizi her gün daha çok yaklaştırmakta ve hayvan yaşamı dahil tüm insan yaşamını tehdit eder düzeye erişmektedir.

Doğal gaz

Doğal gaz, yer yüzeyinin altında, çeşitli hidrokarbonlardan oluşan renksiz ve yanıcı bir gaz karışımı olarak tanımlanabilir. Son yüzyılın petrol ve kömürle

Çizelge 2.4. Dünya kömür üreticileri (http 5).



birlikte en önemli üç enerji kaynağından birisidir. Doğal gaz, petrolden çok daha az kirlilik yarattığı için bazı kesimler bu kaynağın gelecekte petrolün ve kömürün yerine geçebilecek bir enerji kaynağı olacağına inanmaktadırlar (Schlager ve Weisblatt 2006; Ana Britannica 1990).

Doğal gaz bileşenlerinin çoğu, tortulların içindeki organik maddelerin (kara ve su bitkilerinin artıkları) çok uzun süreli jeolojik süreçler sonucunda dönüşüme uğramasıyla oluşur. Bu atıkların üst bölümlerini bazı minerallerin kapatmasıyla gömülme süreci başlamıştır. Bu süreçte inorganik maddeler yapraktaşı gibi kayaç tabakalarına, organik maddeler de doğal gaza dönüşmüştür (Schlager ve Weisblatt 2006; Ana Britannica 1990).

Doğal gazın yapısı

Doğal gazın yüzde 70–90 kadarı metan gazı (CH_4) adı verilen hidrokarbon bileşiğinden oluşur. Diğer bileşenleri; etan (C_2H_6), propan (C_3H_8), bütan (C_4H_{10}) gazlarıdır. İçeriğinde eser miktarda karbondioksit (CO_2), azot (N_2), helyum(He)

ve hidrojen sülfür (H₂S) de bulunur. Doğal gazı oluşturan hidrokarbon bileşikleri, yeraltındaki petrol'ün de bileşenleridir (http 7). Tüketime sunulan doğal gaz ise diğer gaz bileşikleri alınarak saf metan içerecek şekilde rafine edilir. Bataklıklarda biriken hayvansal organizmaların dönüşümüyle elde edildiğinden “Bataklık Gazı” olarak da anılan metan gazı doğal halde kokusuz ve renksiz olduğundan dolayı, gaz kaçağlarının belirlenebilmesi amacıyla tüketime sunulmadan önce bazı kokulu bileşiklerle karıştırılır (Schlager ve Weisblatt 2006).

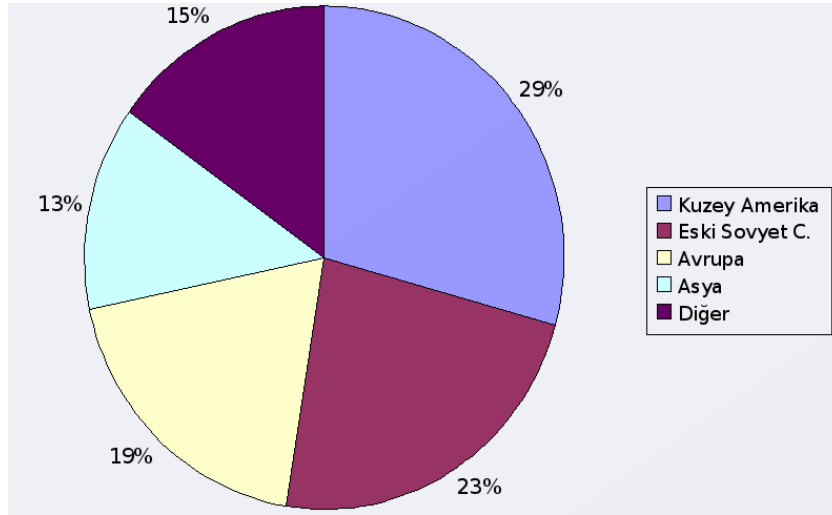
Doğal gazın kullanımı

Doğal gaz Yer katmanlarının içine doğru açılan kuyuların yardımıyla yüzeye çıkarılır. Bazı doğal gazlar kuyudan çıktığı halleriyle kullanılabilir, ama çoğu kez bir arıtma işlemine gerek duyulur. Arıtma işlemi genellikle propan ve bütan gibi daha az uçucu hidrokarbonların yoğunlaştırılması ve su buharı, karbondioksit, hidrojen sülfür ve başka kükürt bileşikleri gibi istenmeyen maddelerin giderilmesi temeline dayanır. Geriye kalan gaz boru hatları aracılığıyla ya da -160 °C sıcaklıkta sıvılaştırılarak tankerlerde taşınır (Ana Britannica 1990).

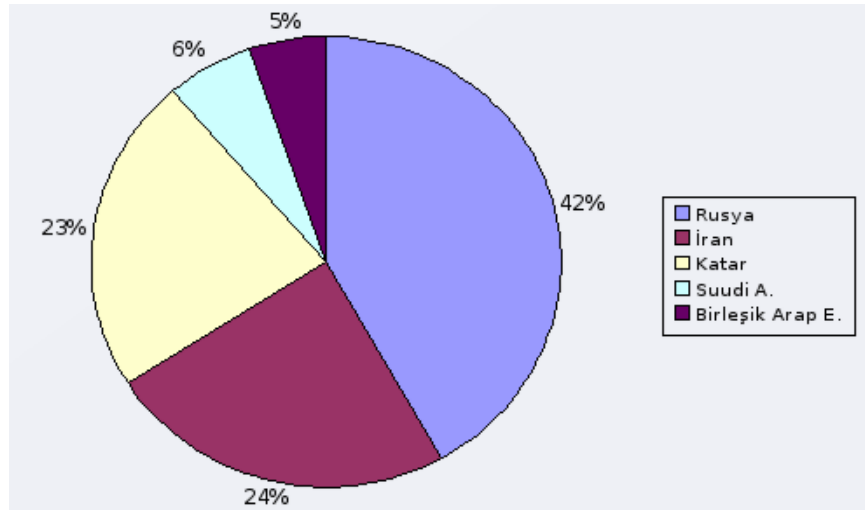
1920 ve 1930’lu yıllarda ABD’de kurulan boru hatlarıyla gerçek anlamda büyük bir enerji kaynağına dönüşmeye başlamıştır (Schlager ve Weisblatt 2006; Nersesian 2007). Dünya üzerine Antarktika haricindeki tüm kıtalarda doğal gaz üretilmektedir. Dünyada doğal gazı en çok kullanan bölge Kuzey Amerika’dır. Burayı, en büyük üretici odak olan Rusya ve Eski Sovyet Cumhuriyetleri izler (bkz. Çizelge 2.5. ve Çizelge 2.6.).

Doğal gaz, tüm fosil yakıtlar içinde çevreye en az zararlı olan yakıttır. Düşük bir seviyede karbondioksit, karbon monoksit ve çok az seviyede de sülfür oksit ve nitrojen oksit salar. Doğal gaz kullanan araçlar atmosfere % 90 oranında daha az karbon monoksit ve yüzde 25 daha az karbondioksit bırakırlar (Schlager ve Weisblatt 2006). Bu da doğal gazı en kullanılabilir fosil yakıt yapmaktadır.

Çizelge 2.5. Dünyada en çok doğal gaz kullanan ülkeler (Nersesian 2007).



Çizelge 2.6. Dünyadaki doğal gaz rezervleri (http 8).



Doğal gaz rezervleri

Doğal gaz rezervleri genellikle petrol havzalarının üzerinde veya yakınında bulunmaktadır. Dünyada toplam 176 trilyon metreküp doğalgaz rezervi olduğu tahmin edilmektedir. Tahminlerde de, söz konusu obje bir gaz kütlesi olduğu için kesinliğe çok yaklaşamamaktadır. 2003 yılı itibarıyla 86 yıllık bir doğal gaz rezervi kaldığı bu tahminlere göre hesaplanmıştır. Bulunan en büyük rezervler Rusya'dadır. Bu dağılım petrol rezervleri yayılımıyla paralellikler göstermektedir (Nersesian 2007). Rusya'yı İran, Katar, Suudi Arabistan gibi Ortadoğu ülkeleri izlemektedir (bkz. Şekil 2.8.).

Doğal gaz rezervlerinin ABD ve Rusya dışında kalan bölümü boru hatlarıyla iletim yapmak zorunda kalmalarından dolayı beklenen başarıyı gösterememişlerdir. İran, Katar, Malezya gibi ülkelerle yapılmış bulunan ve yapım aşamasındaki deniz altı ya da yeraltı boru hatları, ortalama her 100 km. de bir pompalama istasyonlarına ihtiyaç duyulmasından ötürü çok masraflı hale gelmiş, bu da bu kaynağı olması gerekenden daha pahalı olacak şekilde son kullanıcıya ulaştırmıştır.

Alternatif bir yöntem olarak doğal gazın sıvılaştırılarak (LNG - Liquefied Natural Gas - Sıvılaştırılmış Doğal Gaz) tankerlerde taşınması öngörülmüştür (Nersesian, 2007). Sıvılaştırılmış doğal gazın çok yüksek basınç altında ve düşük sıcaklıklarda tutulması zorunluluğu, bu taşıma yöntemini boru hattı yöntemine göre daha az uygulanabilir kılmaktadır. Doğal gazın petrole göre yaklaşık 2 kat rezerve sahip olması ve çevreye verdiği görece düşük zarar, bu yakıtın hem ulaşımında, hem de diğer alanlarda kullanımını artırmakta, buna karşın rezervlere ulaşma gücü de pek aşılamayan bir zorluk olarak öne çıkmaktadır.

2.2.2. Yenilenebilir enerji kaynakları

Dünyada kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları teorik olarak yılda 10–13 TW (Terawatt) enerji potansiyelindedir. Bu değer, bugünün toplam küresel tüketimine eşittir. Ancak bugün bu potansiyelin yalnızca yüzde 10 kadarı kullanılabilir (Anonim 1987). Bu potansiyelin ana bileşenleri olan başlıca yenilenebilir enerji kaynakları bu bölümde incelenmeye çalışılacaktır. Jeotermal enerji dışındaki hemen bütün yenilenebilir – tükenmez enerji kaynaklarının kaynağı güneştir. Bu kaynaklardaki enerji, güneş ışınlarındaki enerjinin çeşitli yollarla dönüştürülerek dolaylı olarak birikmesiyle oluşmuştur. İnsanların güneşten yararlanma düşüncesi, bu enerjiden direk olarak yararlanılmasını sağlayan yöntem ve araçların da tasarlanması sonucunu doğurmuştur. Bu ayırmadan yola çıkılarak güneş enerjisinin direk dönüşümü ve depolanması temelli tasarlanan yöntemler “Güneş enerjisi” başlığı altında, güneş enerjisinin doğal yollarla enerji çevrimine katılarak kullanılabilir duruma geldiği doğal yenilenebilir enerji kaynakları da ayrı başlıklar altında incelenecektir.

Güneş enerjisi

Güneş enerjisi, temel olarak Güneş tarafından yayılan elektromanyetik enerjidir. Bu çalışmaya konu olan Güneş enerjisi ise, Dünya’ya salınan ışınların direk ya da dolaylı yollarla dönüşmesiyle kullanılan enerjisi olarak tanımlanabilir (Boyle 1996; Kreith ve Goswami 2007). Güneş enerjisi yukarıda bahsedildiği gibi, doğrudan ya da dolaylı yollarla kullanılabilir hale gelmektedir. Gelişen bilim ve teknolojiyle tasarlanan yeni yöntemler, güneş enerjisinin her geçen gün daha çok ve daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır.

Güneş, kendisini oluşturan maddelerin kütle çekimiyle birbirlerini çekmeleri sonucu oluşmuştur. Birbirlerin yaklaştıkça kütle çekim etkileri ve dolayısıyla da hızları artan parçacıklar, hızlarındaki kinetik enerjinin ısı enerjisine dönüşmesi sonucu oluşan kütle çekimin yaklaşık 15 milyon °C sıcaklığa ulaşmasını

sağlamışlardır. Bu sıcaklık termonükleer faaliyetler için gerekli olan ısıyı olanaklı kılmış ve çekirdek bölgesinde füzyon sürecinin başlamasını sağlamıştır. Merkezde meydana gelen çekirdeksel tepkimeler temelde hidrojen çekirdeklerinin kaynaşmasıdır. Yüzde 90 kadarı hidrojenden oluşan Güneş'in merkezinde hidrojen çekirdekleri kaynaşarak helyum çekirdeklerini oluşturmaktadır. Proton – proton döngüsü olarak adlandırılan bu tepkimelerle dört protondan (hidrojen atomu çekirdeğinden) bir helyum atomu çekirdeği oluşmaktadır. Bu dönüşüm sürecinde bir miktar kütle kaybı meydana gelmekte (yüzde 0.64), bu yiten kütle de ışınarak enerjiye dönüşmektedir (Acaroğlu 2003; Ana Britannica 1990).

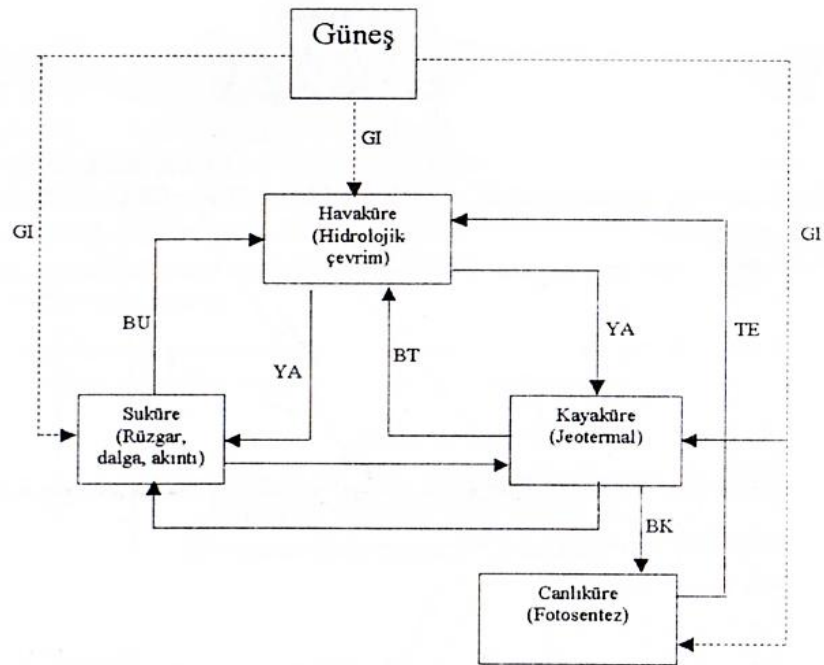
Merkez bölgedeki ısı 20 milyon °C olmasına rağmen bu ısı yüzeye doğru yayıldıkça orta katmanlardaki atomlar tarafından soğurulmaları ve gamma ışını olarak yayılmalarının etkisiyle azalır ve yüzeyde 6000 °C sıcaklığa kadar düşer. Dünya'ya bu güçlü enerji çeşitli frekanslarda ışınlar olarak gelir, ancak tamamı yeryüzüne ulaşmaz. Yeryüzündeki buzullar, okyanuslar; atmosferin çeşitli tabakalarındaki bulutlar bu ışınların yüzde 69 kadarını uzaya geri yansıtır. Dünya'ya ulaşan ışınların da yaklaşık % 70'lik bölümü okyanuslar tarafından emilir. Bu enerji soğurması okyanusları donmaktan koruduğu gibi okyanus habitatını da canlı tutar. Aynı durum atmosfer ve habitatı için de geçerlidir (Schlager ve Weisblatt 2006).

Dünya'nın kendi çevresinde dönmesinden kaynaklanan enerji değişimleri gece ve gündüzü oluştururken, Dünya'nın Güneş'in çevresinde eğik bir dönüş ekseninde dönmesiyle oluşan enerji değişimleri de mevsimlerin oluşmasını sağlamaktadır. Dünya'ya gelen Güneş enerjisi, 130 trilyon ton kömüre eşdeğerdir. Türkiye'ye gelen Güneş enerjisi ise yıl boyunca göre kurulu elektrik santrallerinin üretebildiği enerjinin 500 katına eşittir (Acaroğlu 2003).

Güneş enerjisi doğal olaylar vasıtasıyla faydalanılabilen enerji türlerine dönüşmektedir. Yeryüzüne ulaşan ve serbest su yüzeyleri (dere, çay, ırmak, nehir, göl, deniz, okyanus yüzeyleri) tarafından emilerek ısı olarak depolanır. Enerji bu alanlardaki hayat çevrimini devam ettirmesinin yanında, su buharlaşmasına da neden olur. Güneş ışığı ekvator bölgesine, kutuplara olduğundan daha dik bir açıyla düşer. Bu durum da küresel boyutta bir ısıalanı farkı yaratır. Bu farklı

alanlar da havanın değişik oranlarda ısınmasına neden olur. Isı yüksek sıcaklık alanından düşük sıcaklık alanına doğru hareket ettiğinden dolayı, ekvator bölgelerinden kutup bölgelerine doğru büyük hava akımları oluşur. Bu ısı farkı ve hava akımları, okyanuslarda da benzer nitelikte akımların oluşmasını sağlar. Kutuplara doğru olan çok büyük hava kütlesi hareketleri, hava olaylarına sebep olan kutuplarda alçak ve ekvator bölgesinde yüksek basınç alanlarının oluşmasına yol açar. Buharlaşan ve atmosfere taşınan suyun bu hava akımlarını takip etmesi ve yağış bırakması sonucunda karasal alanların yüksek bölgelerine düşen su, kurulan hidroelektrik santrallerinde kullanılabilir enerjiye dönüştürülür. Hava akımları da rüzgâr türbinleri tarafından enerji kaynağı olarak kullanılır. Aynı biçimde, okyanus akıntıları da hava akımlarının yarattığı dalga enerjisinin kaynağıdır. Şekil 2.2.'de bu döngü daha açık bir şekilde görülmektedir.

Güneş ışığının tasarlanan yöntem ve tekniklerle kullanılabilir hale gelmesi temel olarak doğrudan ısı elde edilmesi ve doğrudan elektrik elde edilmesiyle mümkün olmaktadır (Şen 2002). Bu yöntemler güneş ışığının bazı teknikler



GI: Güneş ışınımı; BU: Buharlaşma; YA : Yağış; BT : Buharlaşma+terleme; TE : Terleme; BK : Bitki kullanımı

Şekil 2.2. Güneş enerjisinin Yerküre'ye etkilerinin şematik gösterimi (Şen 2002).

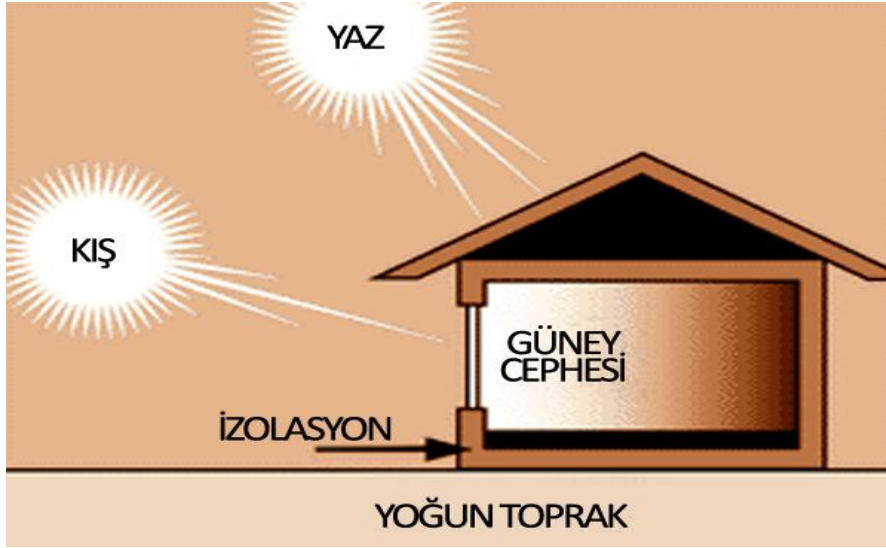
yardımıyla dönüşmesi amacını taşımaktadırlar. İleriki bölümlerde bu iki temel dönüştürme yöntemi ve araçları incelenecektir.

Güneşten ısı elde edilmesi

Güneş enerji sistemleri aktif ve pasif sistemler olmak üzere ikiye ayrılabilir. Pasif sistemler Güneş ışığı dışından başka hiçbir kaynaktan enerji almazlar. Aktif sistemler ise pompa, emici, elektrik motoru, jeneratör gibi çevrim sağlayan ya da dışarıdan enerji temin eden aletlerin kullanılarak Güneş enerjisini dönüştürür ya da mevcut sisteme eklerler. Aktif sistemler elektrik ve ısı üretimi için kullanılmalarına karşın pasif sistemler yalnızca ısı üretimi amacıyla kullanılır. Bir yerde güneş enerjisinden yararlanılması gündeme geldiği zaman mutlaka o bölgenin klimatolojisi hakkında bilgi edinilmelidir. Bu bilgi, aktif ve pasif sistemlerin nerede ve ne kadar kullanılması gerektiğinin saptanması için gerekli ana verileri içerir. İnşa edilmiş binaların ısınma sorunu olanların yapımında göz önünde bulundurulmayan faktör klimatolojik bilgidir (Şen 2002; Schlager ve Weisblatt 2006).

Pasif sistemler

Bu yöntem, basit bir fizik ilkesi gereği görünen Güneş ışığının cam, saydam plastik gibi saydam malzemelerden geçerek ve opak yüzeylere emdirilerek bu yüzeylerin ısı alması esasına dayanır. Günlük kullanımda güneş enerjisini toplamak için kullanılacak en basit yöntem, binaların pozisyonlarının ve tasarımlarının, bu tasarımların pencere, çatı gibi bileşenlerinin bu enerjiyi sistematik olarak toplama amacına göre yapılandırılması olarak nitelenebilir. Örneğin binaların camları ve çatılardaki kolektörlerin pozisyonu Güneş'i en iyi göreceğ şekilde konumlandırılmalıdır (bkz. Şekil 2.3.). Bu yöntemler yüzyıllar boyunca çok sık kullanılmalarına karşın, enerjinin ucuza elde



Şekil 2.3. Pasif Güneş Sistemi İçin Şematik Konumlandırma (http 9)

edilmeye başlandığı 20. yüzyılda kullanılmamaya ve unutulmaya başlanmıştır (Acaroğlu 2003; Gürsoy 1999).

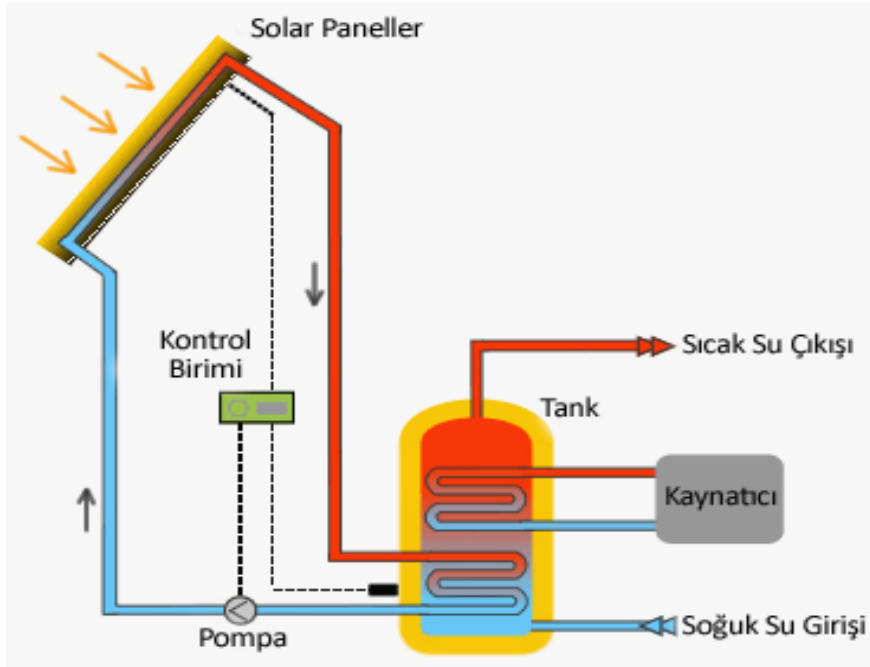
Pasif sistemlerin tek getirisi enerji emiliminin artması değildir. Buna ek olarak günışığı alma süresini artırarak elektrik enerjisi tasarrufu da sağlar. Çatılara yerleştirilen koyu renkli metal malzemelerle de güneş enerjisi kışları ısıtma, yazları da soğutma amacıyla kullanılabilir. Ayrıca araştırmalar göstermiştir ki bu uzun süreli günışığı alımı insan sağlığı açısından da çok olumlu sonuçlar vermektedir. (Schlager ve Weisblatt 2006).

Aktif sistemler

Bu yöntem, ışıktan dönüştürülen ısının iletilip depolanabilmesini de kapsayan sistemler için kullanılır. Bu dönüştürme yöntemleri, çeşitli ana tekniklerin ve sistemlerin doğmasını sağlamıştır. Bu sistemler, su ısıtmada kullanılan Solar Toplayıcılar (Solar Collector – Solar Panel), Foto-voltaik Hücreler (Photovoltaic Cells – PV) ve yoğunlaştırılmış Güneş Güç Sistemleri olarak tanımlanabilir (Schlager ve Weisblatt 2006; Gürsoy 1999).

Işığın ısı enerjisine dönüşmesi, moleküler düzeyde bir enerji dönüşümüyle açıklanabilir: Işığın fotonlarının emici yüzeyin molekülleri tarafından emilip kinetik enerji kazanmaları ısı meydana getirir. Güneş'ten ısı elde edilmesi için, bu yöntem uyarınca ışığı emebilen mat bir yüzeye ihtiyaç vardır. Doğada ışık, tamamen bu yöntemle çeşitli enerjilere dönüşmektedir. Doğada bulunan güneş toplayıcıları ise yer ve atmosferdir (Sorensen 2004).

Güneş ışınlarından yararlanabilmenin ilk usullerinden biri cam levhalardan yararlanılmasıdır. Cam levhalardan kapalı bir ortama geçen kısa dalgalı güneş ışınları levhalardan geri yansımazlar ve ortamın içinde ısıya dönüşürler. Bu ışınların emilimlerinin artırılması için de kapalı ortamın siyah renkli olması tercih edilmiştir. Gelen ışığın miktarının artırılması için de çeşitli ayna sistemleri kullanılmaktadır. Bu ayna sistemlerinin çeşitliliği, coğrafyaya göre adapte edilebilen değişik aktif ısıtma sistemlerinin kurulmasını sağlamıştır. Bu bileşenlerden oluşan yapılara genel olarak "Güneş Toplayıcıları" adı verilir. Aktif ısı sistemlerinde kıstas teşkil eden ana bileşenlere ve niteliklerine değinmek yerinde olacaktır. Yukarıda bahsedilen Cam levhaların kısa dalga boylu ışınları geçirmesi ve uzun dalga boylu ışınlar karşı geçirgen olmaması, bu malzemenin güneş toplayıcıları alanında vazgeçilmez bir malzeme olmasını sağlamıştır. Güneş toplayıcılar için üretilen camların içeriğinde, kısa dalga boylu ışınların daha kolay geçmesi için kurşun miktarı azaltılmaktadır. Temas veya iletkenlik diğer bir önemli kıstastır. Güneş enerjisi opak cisimler tarafından emildiği zaman emilen enerji, moleküler temas sayesinde her tarafa dağılır. Bu dağılmanın hızı bir taraftan cismin iki tarafındaki sıcaklık farkına, diğer taraftan da o cismin ısı iletkenlik katsayısına bağlıdır. Genel olarak metallerin ısı iletkenliği düşük sıcaklık farklarında bile fazladır. Bunun tersine, ısı iletkenliği düşük olan hava gibi malzemelerde bu iletkenlik ihmal edilebilecek kadar azdır. Bu nedenle aktif solar ısıtma sistemlerinde sistemin dışına ısı iletilmemesi için hava hücreleri kullanılır. Üçüncü kıstas taşınımıdır. Elde edilen enerji, iletilecek mekâna sıvı veya gaz malzemelerle taşınır (Şen 2002). Aktif solar ısı sistemleri temel olarak bu kıstaslar göz önünde bulundurularak imal edilmektedir.

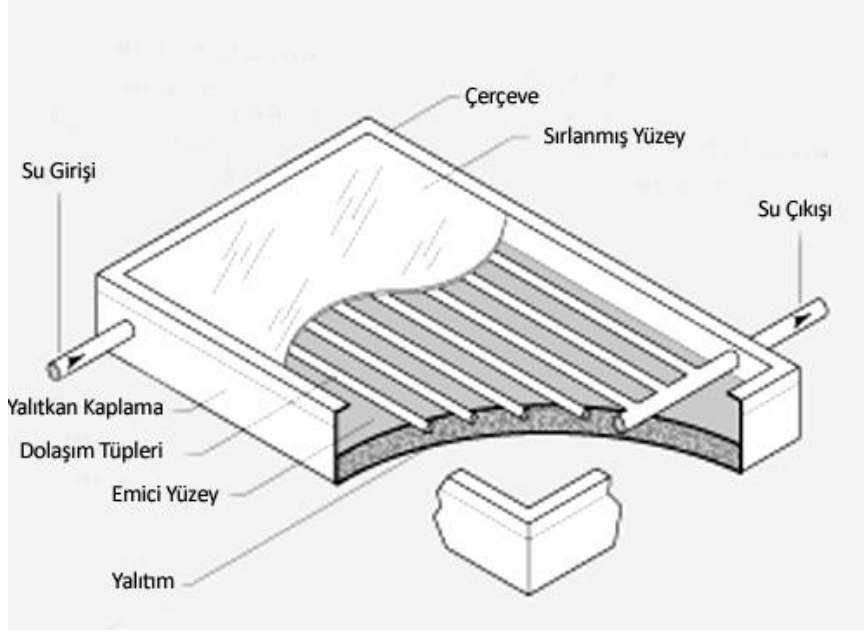


Şekil 2.4. Sırlanmamış sistem (http 10).

Aktif solar ısıtma sistemleri çok çeşitli sistemlerin doğmasına sebep olacak esneklikte yapılabilir. Ancak seri üretimle birlikte bu sistemlerin en etkili olanları elenip yaygın kullanıma sunulmuş durumdadır. Bu sistemlerin belli başlı olanları somut örnek teşkil etmesi açısından aşağıda kısaca incelenecektir.

Sırlanmamış (Unglazed) panelli sistemler (bkz. Şekil 2.4.) geniş alanların ısıtılmasında en çok kullanılan sistemlerdir. Ortam ısısından 10 °C kadar fazla ısı artışı sağlarlar. Düz kaplama su dolaşimli solar toplayıcılar (Flat Plate Water Collectors) dünyada en yaygın bulunan aktif solar ısıtma sistemidir (bkz. Şekil 2.5.). Genellikle su ısıtmada kullanılır, bunun yanında hemen hemen aynı düzenekle hava ısıtmada da kullanılan modelleri geliştirilmiştir. Genellikle tek katmanlı emici yüzeyi bulunan bu sistemler, bazı ürünlerde sıcaklığı artırmak amacıyla çift katmanlı olarak da tasarlanabilmektedirler. Emici birim, çok yüksek emme gücü olan siyah renkli bir yüzeye sahiptir. En emici siyah boyalar bile %10 kadar radyasyon yansıtma oranına sahiptirler. Dolayısıyla ortalama verim düşüklüğü de bu oran seviyesinde olmaktadır.

Son yıllarda malzeme biliminde meydana gelen gelişmeye paralel olarak da bu sistemlerde kullanılan ısı geçirgen malzemeler verimini artırmıştır. Suyu ya

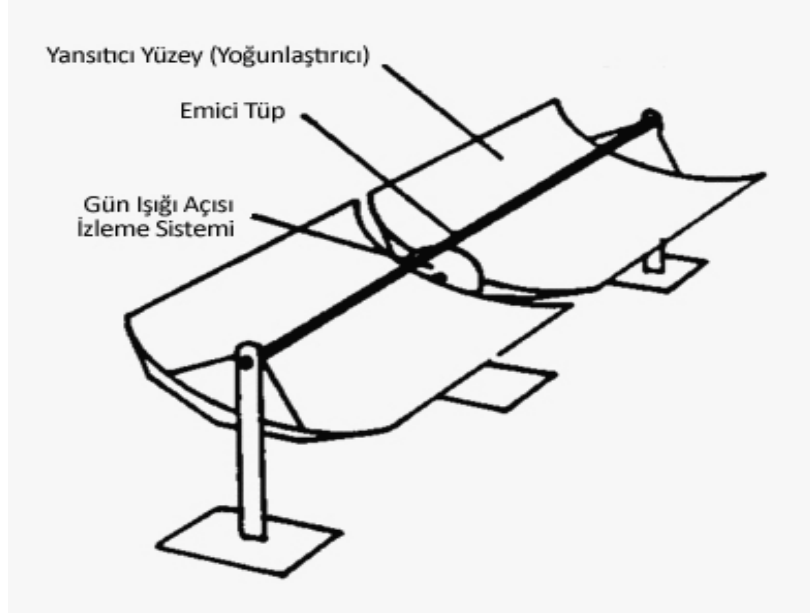


Şekil 2.5. Düz kaplama su toplayıcılar (http 11).

da havayı dolaşıma sokan borular genellikle preslenmiş alüminyum panellere lehimlenmiş bor – bakır alaşımlarından oluşmaktadır. Emici yüzeyde oluşan ısı bu alüminyum paneller aracılığıyla borulara aktarılır. Sistemin dış bileşenleri ısı kaybını önlemek için yüksek yalıtkanlığa sahip malzemelerden üretilmektedir. Hava temelli çalışan modelleri suyla çalışanlar kadar yaygın değildir. Buna karşın bu modeli asıl ilginç kılan ve araştırma konusuyla direk ilgili olan özelliği, bu sistemlerden doğrudan elektrik elde edilmesinde yararlanılmasıdır. Bu tipteki bir solar toplayıcıya foto-voltaik panellerin dahil edilmesi, hem elektrik hem de ısı üretilmesini mümkün kılar (Boyle 1996).

Doğrusal odaklı solar toplayıcılar (Line Focus Collectors), yarı silindirik yansıtıcıların odak noktasına yerleştirilen borularda dolaşıma sokulan suyun ısıtılarak buharlaştırılması amacıyla kullanılır (bkz. Şekil 2.6.). 50 ile 150 °C sıcaklığa kadar ısı artırımını sağlarlar. Oluşan buhar ise jeneratörler aracılığıyla elektrik üretiminde kullanılır.

Noktasal odaklı solar toplayıcılar (Point Focus Collectors), yine benzer şekilde çalışmasının yanında en belirgin farkı küresel bir toplayıcının, dolaşım

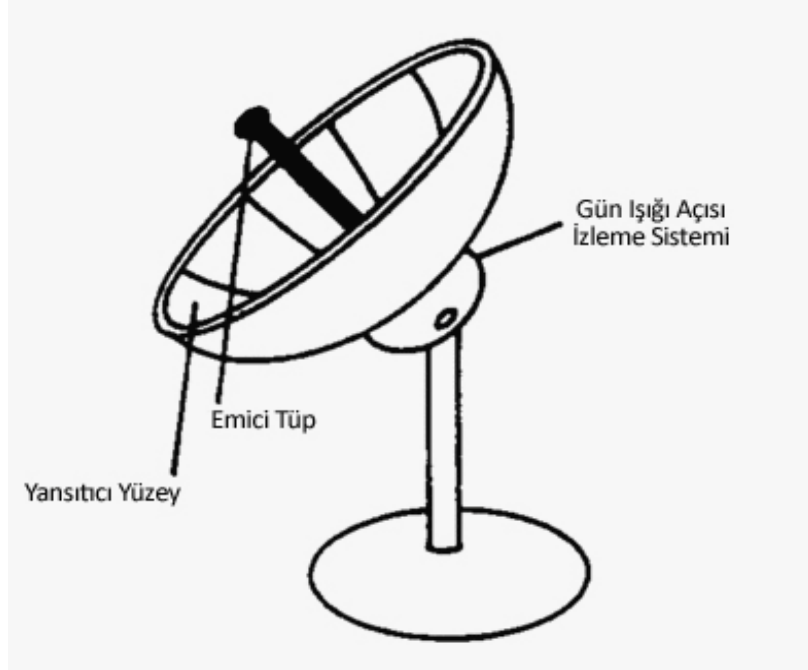


Şekil 2.6. Doğrusal odaklı solar toplayıcılar (<http> 12)

borusunun belirli bir noktasına ışın yoğunlaştırmasıdır (bkz. Şekil 2.7.). Sistemi 100 °C'ın üzerinde bir sıcaklığa ulaştırırlar. Bu sistemlerin kullanılma amacı da suyu buharlaştırarak elektrik üretmektir (Boyle 1996). Yukarıda sıralanan solar toplayıcılar genellikle evlerde çatılara monte edilerek kullanılırlar ve ulaşılması da bakımları da zordur. Çatıya monte edildikten sonra rüzgar, asit yağmuru, deniz suyu zerrecikleri gibi doğanın hemen her tür aşındırıcı etkisine karşı dayanmaları gerekmektedir. Ayrıca kimyasal bozunma, oksitlenme, ani ısı değişimleri gibi içsel yıkıcı etkiler de göz ardı edilmemesi gereken diğer bir önemli etkendir. Bu olumsuz etkilere karşın, ortalama bir solar toplayıcı 20 yıl kadar etkin bir şekilde kullanılabilir (Boyle 1996).

Güneşten dolaysız elektrik elde edilmesi

Güneş ışığının dolaysız bir biçimde elektrik enerjisine dönüşümü, ince yarı iletken tabakalardan oluşan aletler tarafından yapılır. Bu foto-voltaik düzeneklerin



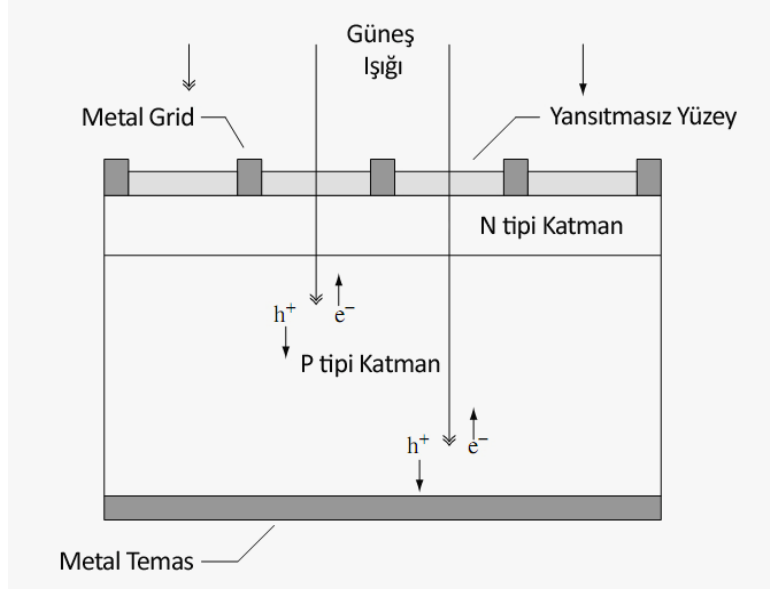
Şekil 2.7. Noktasal odaklı solar toplayıcılar (http 13)

içindeki yarı iletken tabakalar gelen ışığın fotonlarını emerek, elektronların diğer bir tabakaya hareket etmelerini sağlayarak bir elektriksel alan yaratırlar. Bu elektron hareketi de akıma dönüştürülür. Günümüzün ileri teknolojisine ön ayak olan diyotlar, lazer aygıtları ve transistörler bu elektriksel alan temelinde çalışırlar. Bu sistemlerin en küçük ünitesine “Foto-voltaik Hücre” adı verilir. Meydana gelen ana yapı ise “Güneş Pili” olarak adlandırılır. Foto-voltaik hücrelerin başta gelen özelliklerinden biri, yapılarında bulunan yarı iletkenlerin geniş bir malzeme çeşitliliğine (silikon, bakır indiyum diselenür, kadmiyum tellür, galyum arsenür birincil olanlarıdır) sahip olmasıdır. Galyum arsenür tipi PV hücreler uzay çalışmalarındaki aygıtlarda kullanılırken, silikon yapıları PV hücreler yeryüzündeki uygulamalarda kullanılmaktadır. (Anonim 1990).

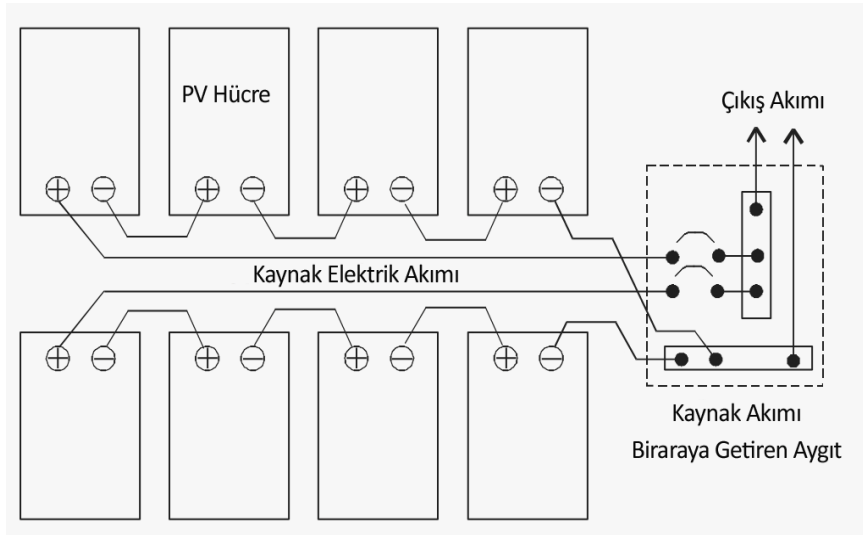
PV hücreleri, 40’arlık gruplar halinde toplanarak modüller oluştururlar. Bu modüller de yan yana gelerek ana yapıyı meydana getirirler. Bu şekilde elde edilmek istenen enerji miktarına göre güneş pilleri tasarlanabilir. Modüllerin bir çizgide ve mümkünse paralel bir şekilde dizilimleri elde edilen elektrik akımı çıkışının artmasını sağlar. Küresel ve odağa ışının yoğunlaştırılması esasına

dayanan güneş pili örnekleri de vardır. PV hücreleri sert ve sağlam bir yapıya sahiptir. Bu nedenle de çok az ve seyrek zamanlı bakım gerektirirler. Sağlam yapılarına karşılık, elektrik üretme kapasitesi konusunda çok esnekler. Mikrowatt seviyelerinden megawatt seviyelerine kadar çok geniş bir yelpazede akım üretebilirler. Bu yüzden de hesap makinelerinden kol saatlerine, sulama pompalarından bina aydınlatmasına, uzay araçlarından iletişim aygıtlarına, megawatt ölçeğinde güç üreten güneş tarlalarına kadar çok geniş bir kullanım alanına sahip olmuştur (Kreith ve Goswami 2007).

Sistemin elektrik üretme yöntemini genel hatlarıyla da olsa açıklamak yerinde olacaktır. Işık enerjisinin doğrudan elektrik enerjisine dönüşümü, fotonların emiliminin etkisiyle iletkenlik oranlarını artıran yarı iletken malzemeler aracılığıyla olur. Yalnızca bu iletkenlik artışı yeterli olmamaktadır, ayrıca elektronların da enerji seviyelerinin artması ve bunun kinetik enerjiye dönüşmesi gerekmektedir. Şekil 2.8.'de görüleceği üzere iki tür yarı iletken katman bu sistemin ana bileşenlerini oluşturmaktadır. Bu yarı iletken malzemeler, kutupsallıklarına göre "P Tipi" ve "N Tipi" (pozitif ve negatif) olarak sınıflandırılırlar. Bu iki türdeki malzemenin birleşimiyle oluşan bağlantı, "P-N Bağlantısı" olarak adlandırılır. P tipi malzemelerde elektron yoğunluğu n tipi malzemelere göre daha fazladır. Bu basit p-n bağlantısı, solar radyasyonla tahrik olan elektronların p katmanından n katmanına doğru hareket etmelerini sağlayan bir elektriksel alan oluşturur. Elektronların bu hareketi de hareket yönlerinin ters yönünde pozitif yüklü bir "boşluk" oluşmasını sağlar (söz konusu boşluk, Şekil 2.15.'deki "h" simgesiyle ifade edilmiştir). Eğer elektronlar ve pozitif yüklü elektrik alanı belirli bir seviyeye çıkarak kutuplaşma sağlarsa, PV hücresi dış elektrik çevrimini tamamlamak için elektrik akımını iletebilecek duruma gelir. Bu hücrelerin yan yana getirilmesiyle bu akımın gücü artırılır. Hücreler, şekil 2.9.'da görüleceği gibi bağlanarak bir sistem oluştururlar. Bu sistemden elde edilen DC elektrik düzenlenerek AC veya DC olarak istenen volt ve amper düzeyine getirilir, böylece akım kullanıma hazır hale gelir (Kreith ve Goswami 2007; Sorensen 2004).



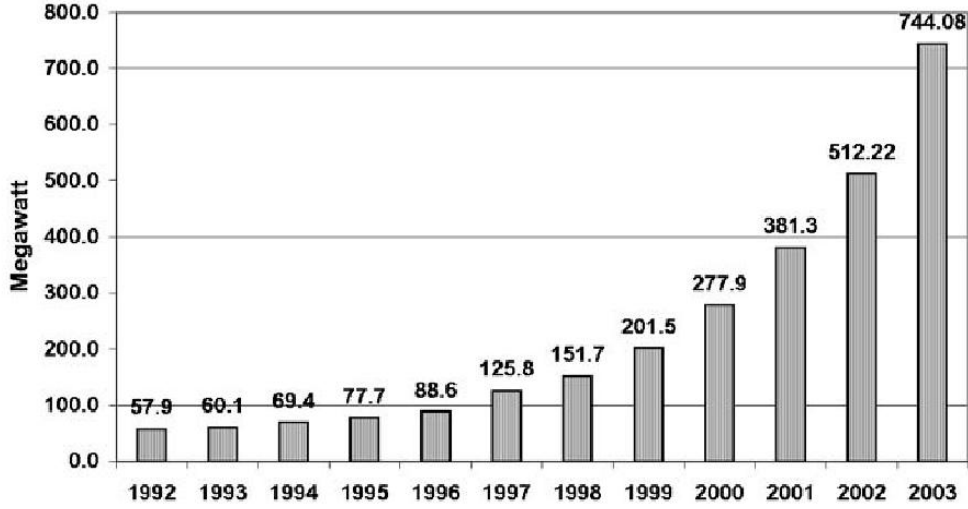
Şekil 2.8. PV hücresinde elektrik akımının oluşumu (Luque ve Hegedus 2003).



Şekil 2.9. PV sistemin kaynak ve çıkış akım şeması. (Kreith ve Goswami 2007).

Solar teknoloji alanındaki çalışmalar, 1839'dan 1959'a kadar laboratuvar ortamında sınırlı kalmıştır. Bell Laboratuvarları tarafından ilk endüstriyel ürünlerin geliştirilmesiyle kullanımına başlanmıştır. Modüllerin ilkin %6 olan verimi, kullanıma başlanmasıyla hızla %10 dolaylarına çıkmıştır. Ana kullanım alanı uzun yıllar boyunca uzay çalışmalarıyla sınırlı kalmıştır. Bugün kullanılan sabitleştirilmiş PV hücreler %20 verimliliğe kadar ulaşmaktadırlar. Bu sistemlerin

Çizelge 2.7. PV Modüllerin dünya pazarındaki MWpeak olarak elektrik üretimi payları. (MWpeak, tam güneş ışığı altındaki güce denilmektedir, yaklaşık değeri 1 kW/m²'dir.) (Goetzberger ve Hoffmann 2005).



özellikleri kısaca sıralanacak olursa; güneş ışınımının doğrudan elektriğe dönüştürmeleri, mekanik hareketli parça bulundurmamaları, gürültü yapmamaları, yüksek ısı açığa çıkarmamaları, çok uzun çalışma ömürlerinin olması ve enerji kaynağının tamamen ücretsiz ve sorunsuz bir şekilde yenilenebilir olması sayılabilir. PV hücrelerin kullanımına dair ana problem yüksek maliyettir. Ancak bu olumsuzluğa karşın üretim maliyetleri sürekli bir düşüş eğilimindedir. Pazarın gelişimi bu fiyat düşüşünün en büyük nedenidir (bkz. Çizelge 2.7.) (Goetzberger ve Hoffmann 2005; İçli 2008; Gürsu 2008).

Günümüz teknolojik düzeyinde ışığın yalnızca belirli dalgaboyu aralıkları elektriğe dönüştürülebilmektedir. Son dönemde yapılan araştırmalarla bu verimlilik %80 seviyesine yükselmiştir. Bu tasarımda iki adet plastik yaprağa eklenen iletken üzerinde, nanoteknolojiyle üretilmiş dairesel spiraller bulunmaktadır. Bu spiraller birbirlerine kenetlenerek nanoantenneleri oluşturmaktadırlar. Bu nanoantenneler, ışığın göze görünmeyen tayfindaki ışınları da soğurabilmektedir. Yapısı, katlanma gibi fiziksel deformasyonlara izin verir nitelikte olduğu için kullanım kolaylığının da önemli oranda artacağı

öngörülmektedir. Araştırmacılar, bu gelişmeyle güneş enerjisi verimliliği konusunda büyük bir adım atıldığını düşünmektedirler (Gürsu 2008).

Güneşten elektrik elde edilmesinin bir diğer dolaysız yolu da Foto-galvanik ya da Foto-elektrokimyasal sistemler kullanılmasıdır. Bu sistemler, iki yarı iletken bağlantısı haricinde foto-voltaik sistemlere çok benzerler. Burada ışığın dönüşümü, foto-voltaik sistemlerdeki yarı iletken tabakalardan farklı olarak, bir elektrot ya da elektrot sistemince gerçekleştirilir (Taylor 1983).

Biyokütle enerjisi

Biyokütle, biyolojik kökenli ve fosil olmayan organik madde kütlesi olarak adlandırılır. Bütün biyokütle, canlıların yaşadığı, sürekli enerji ve besin alışverişinin gerçekleştiği biyosfer adı verilen ince bir yeryüzü ve su katmanında toplanmıştır. Yerküreye oranla çok küçük bir kütle parçası olmasına rağmen insanlık için çok büyük bir enerji deposudur. Daha da önemlisi, güneş tarafından (diğer yenilenebilir kaynaklarda da olduğu gibi) sürekli şarj edilmektedir (Acaroğlu 2003; Boyle 1996; Ana Britannica 1990).

Biyokütlenin enerji eşdeğeri teknik olarak yılda 8 ile 13 TW arasındadır. Bu potansiyel dünya enerji tüketiminin 3–4 misline eşittir. Ancak bu kaynağın %7'si erişilebilir durumdadır. Sanayileşmiş ülkeler de bu %7'lik kısmın yalnızca %3'ünü kullanmaktadır (Kreith ve Goswami 2007).

Biyokütleden faydalanma üzerine yapılan çalışmalarda bu kaynaktan iki alanda yararlanılmaktadır. Bu alanlar endüstriyel malzeme üretimi ve enerji teminidir. Endüstri bitkilerinin tarımıyla nişasta, şeker türevleri, lif, besin özleri, renk ve tanen maddeleri, ilaç yapımı, katı ve sıvı yağ üretimi gerçekleştirilir.

Enerji bitkilerinin tarımıyla da; etanol, biyodizel, ısı enerjisi, elektrik enerjisi, biyogaz ve hidrojen üretimi yapılır. Biyokütlenin bu sayılan ürünlere dönüşümü için günümüzde de değişik yollar aranmakta ve yeni işleme metotları bulunmaktadır. Belli başlı yöntemler fiziksel, termokimyasal ve biyolojik

Çizelge 2.8. Dünyada en çok etanol ve biyodizel üreten ülkeler ve üretim miktarları (Kreith ve Goswami 2007).

Ülke	Etanol üretimi. Milyon litre/Yıl.	Ülke	Biyodizel üretimi. Mil. litre/Yıl.
Brezilya	16500	Almanya	1920
ABD	16230	Fransa	511
Çin	2000	İtalya	290
AB Ülkeleri	900	ABD	227
Hindistan	300	Avusturya	83

yöntemler olarak sınıflandırılabilir (Acaroğlu 2003). Etanol ve biyodizel ürünlerini kapsayan biyoyakıtlar, içten yanmalı motorlarda bazı modifikasyonlar yapılarak kullanılabilir hale gelirler. Dünyadaki biyoyakıt üretim miktarları Çizelge 2.8.'de verilmiştir. Etanol şeker ve nişastadan, biyodizel ise atık yağlar ve hayvan artıklarından üretilir. Etanol, 2006 yılı itibarıyla toplam biyoyakıt üretiminin %86'sını oluşturmaktadır.

Toplam etanol üretiminin dörtte bir kadarı endüstride kullanılmakta, biyodizelin neredeyse tamamı ulaşımda kullanılmaktadır. Ulaşımında kullanılan bu biyoyakıt miktarı, ulaşım alanında toplam yakıt tüketiminin %13'ünü oluşturmaktadır. Olumsuz bir sonuç olarak, biyoyakıt kullanımı artışı tarlaların giderek biyoyakıt üretiminde kullanılmaya başlaması sonucunu doğurmuştur. Bu durum da gıda üretiminin azalmasına ve fiyatlarının düşmesine neden olmaktadır (Anonim 2007).

2.3. Enerji Kullanımının Gelişimi

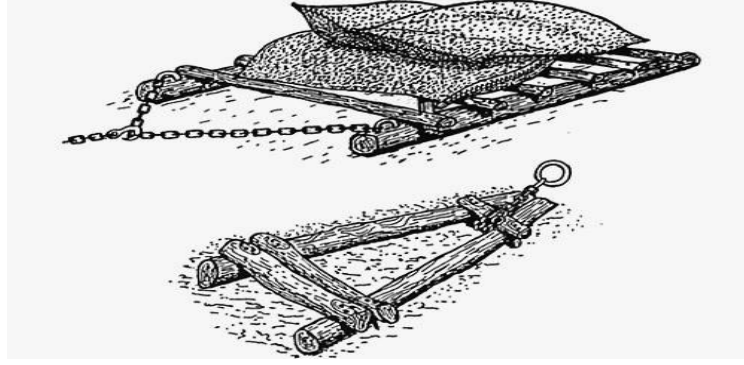
İnsanoğlu var olabilmek için tüm diğer canlılar gibi çevresiyle iletişimde bulunmak zorundadır. Beslenmek için tarımı geliştirmiş, soğuktan korunabilmek

için ateşi kullanmayı öğrenmiştir. Daha da ileri giderek, diğer insanlarla ileri düzeyle iletişime geçme ihtiyacıyla sözel iletişimi geliştirmiştir. Bundan sonra insan, çevresi için daha derin ve karmaşık düşünebilme yetisi kazanmıştır. Nihayet, çevremizdeki bütün olaylara ve durumlara bir açıklama getiren, onları tanımlayabilmek için mesnet oluşturan ortaya çıkan olgu, enerji kavramı olmuştur.

2.3.1. Endüstri öncesi dönem

Kabul edilen bir görüş, enerji kavramının erken dönem insanının hayatına çok önemli bir teknolojik gelişme olan makinelerin bulunmasıyla girdiği yönündedir. İnsanlar, hayatın sürdürülebilmesinin emek harcanarak mümkün olduğu sosyal gerçeğini öğrendiler. Bu gerçeğin özümsemesi sonucunda bazı görece gelişmiş uygarlıklar verilen emek yoğunluğunu hafifletebilmek için kaldıraç, eğik düzlem gibi çeşitli hareket ettirme düzeneklerini geliştirdiler. Bugün bizim basit makineler olarak adlandırdığımız bu düzeneklerle başarılması o zaman için olanaksız olarak görülen işleri yapmayı başardılar. Bu makineler harcanan gücün miktarını ve kat edilen yolu (veya zamanı) düzenliyordu (Lindsay 1975).

Tarımın bulunmasından yaklaşık yarım milyon yıl önce insan ateşin çok çeşitli kullanım biçimlerini, yay ve mızrak gibi av gereçlerini, taşı şekillendirebilmeyi ve giyinmeyi icat etti. Bütün bu gelişmelerin dinamiği, artan insan nüfusunun ihtiyaçlarının da doğru orantılı artması olarak gösterilebilir. M.Ö. 35000'den M.Ö. 7000'li yıllara değin bu artan nüfus tüm dünyaya yayılmış duruma geldi. Bering Boğazı'ndan Amerika kıtasına doğru olan yayılma, insanın kendi enerjisi dışında ikinci bir enerji kaynağını kontrol edebilmesini sağladı: hayvan gücü. İnsanla köpek-kurt birlikteliği iki türün de yararına sonuçlar verdi. Bir av ortaklığının yanında insanlık için ulaşım sorununa da çok etkili bir çözüm getirdi. Ve ilk ulaşım araçları olan kızaklar böylelikle ortaya çıktı (bkz. Şekil 2.10.). Asurlular ve Mısırlılar, kaldıraçlarla yüklenen çok büyük heykelleri



Şekil 2.10. Yük taşımada kullanılan ilkel bir kızak çizimi (http 14).

kızaklarla taşırldı. Kuzey Amerika yerlileri de enlemesine birleştirilmiş iki ağaç kütüğünden oluşan ve yerle belli bir açı yapacak biçimde çekilen bir tür kızak kullanıyorlardı (Steinhart 1974, Ana Britannica 1990).

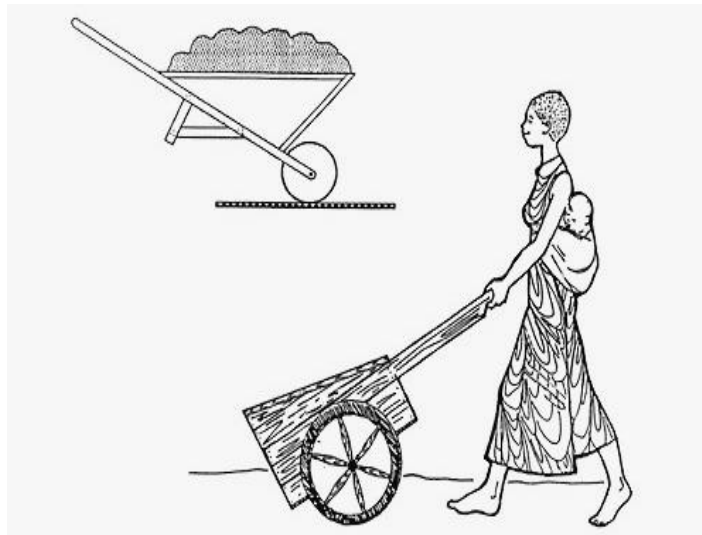
Geleneksel el teknikleriyle görülen işler ve basit toplumsal ilişkiler her hangi bir tür özelleşmeye, grup üretimine ve makine yapımı fikirlerinin oluşumuna izin vermiyordu. Bu durum yüksek insan yoğunluğuna ulaşan ve tükettiğinden fazlasını üretebilen kabilelerde aşılmaya başladı. Tarımın ortaya çıkışı bu döneme denk gelir. Tarım alanında ilk pratik uygulama izlerine Mezopotamya olarak bilinen bölgede rastlanmaktadır.

Alet tasarlama anlayışının gelişmesine tarım uygulamalarının çok büyük bir katkısı oldu. Tarımın önem kazanması, ayrıca mülkiyet ve devlet kavramlarının da ortaya çıkmasını sağladı. Enerji artık yaşamın idare edilmesi sorununu çözmekle kalmadı, sosyal yapıların da oluşup gelişmesini sağlayan etkin bir güç durumuna geldi. Bu gelişmelerin sonucu olarak sosyal yapılar da gelişti, sınıflı toplumlar ortaya çıktı⁽³⁾. Bütün sınıflı toplumların en alt tabakası olan kölelerin yaşam amaçları yalnızca insan gücü sağlamaktı. Üst sınıflar için değerli bir enerji kaynağı böylece büyük miktarlarda kullanılmaya başladı. Yunan ve Mısır uygarlıkları bu güçle kuruldu ve ayakta kaldı. Piramitlerin inşasından silah

⁽³⁾ Tanilli (2004), uygarlığın başlamasını üretim ilişkilerinin düzenlenmesine bağlamaktadır. Toplumda ortaya çıkan iş bölümü de sınıfların temelini atmıştır.

üretimine birçok alanda bu insan gücü ana enerji kaynağı olarak kullanıldı. İnsanlar, kızakların bulunmasıyla aynı zamanlarda su üzerinde de yol alma ihtiyacıyla ilk gemi örneklerini ortaya çıkardılar. Arkeolojik çalışmalar, M.Ö. 5000’lerde Girit Adası çevresinde bilinen ilk gemilerin varlığını kanıtlamıştır. Bu ilk örneklerde kürek kullanılarak hareket sağlanmıştır. M.Ö. 2800’de rüzgâr enerjisiyle ilerleyebilen gemilerin yapımına kadar bu gemiler su ulaşımını sağladı (Steinhart 1974; Boyle 1996; Tanilli 2004; Ana Britannica 1990).

M.Ö. 3500’lerde Sümerler muhasebe işlerinde kullanmak için bazı semboller üretip yazıyı buldular. Bu yöntem çok kısa bir zamanda sözel iletişimin de kaydını olanaklı kılarak yazılı tarihin başlamasını sağladı. Bu ilerleme bilginin iletimini ve üretimini hızlandırdı. Artan bilgi birikiminin çok önemli bir sonucu olarak da M.Ö. 3000’lerde tekerlek bulundu. Yazı kadar önemli olan bu gelişme ulaşım alanında yeni bir dönem başlattı. Bu dönemde Sümer çiftçilerinin ürünlerini taşımak için kullandıkları tekerlekli araçlar ilk araba örnekleri olarak bilinmektedir (bkz. Şekil 2.11.). Öküzün de evcilleştirilmiş olmasıyla hayvan gücü bu tekerlekli araçlara entegre edildi. İlk arabalar hem tarla işlerinde hem de insan ve yük taşımacılığında kullanılmaya başladı. Tekerlekli araçlar Sümer’den Ortadoğu’ya, oradan da Asya ve Avrupa’ya yayıldı. M.Ö 2500-2000’li yıllarda atların da evcilleştirilmesiyle atlı arabalar ortaya çıkmaya başladı. Bu durum arabaları ulaşım alanında çok önemli bir yere getirdi (Bkz. Şekil 2.12.).



Şekil 2.11. İlk araba örneklerinin temsili çizimi (<http> 15).



Şekil 2.12. Bir Sümer tableti. M.Ö. 2500 yılına ait bu çizimde hem ilk araba örneklerinden birisi hem de hayvan gücü kullanımı birlikte görülmektedir (<http> 16).

M.Ö. 2000'lere gelindiğinde su gücüyle çalışan değirmenler yapılmaya başladı. (Steinhart 1974; Boyle 1996).

Odundan, ateşin kullanılmaya başlanmasından beri yakıt olarak yararlanılmıştı. Ancak odunun toprak altında başkalaşmasından oluşan kömür M.Ö.1000'li yıllara dek kullanılmadı. Kömürü yakıt olarak kullanan ilk uygarlık Çin'dir. Çinliler kömürü bakır eritmek ve madeni para dökümü için kullandılar. Kömür M.Ö.300'de Avrupa'da da keşfedilmeye başladı. Bu keşif metal işlemede çok büyük bir ilerleme kaydedilmesini sağladı. Petrol de bilinmeyen zamanlardan beri Ortadoğu'daki uygarlıklar tarafından ilaç, yağ, yapı malzemesi yapımı gibi işlerde kullanıldıysa da, yakıt olarak kayıtlı ilk kullanım tarihi 678–718 yılları arası olarak geçer. Konstantinopolis (bugünkü İstanbul) kentinde işgal kuvvetlerinin deniz güçlerine karşı, su üzerinde petrolün yanması esasına dayanan “Rum Ateşi” adındaki savunma sisteminde kullanılmıştır. Araplar petrolü gemilerde, Çinliler de barutla birlikte yine yakıcı silah olarak kullanmışlardır (Ana Britannica 1990). Son derece gelişmiş üretim ve ticaret sistemlerine, büyük şehirleri ve ilerlemiş mimarilerine ve çeşitlenmiş yönetim sistemlerine sahip birçok uygarlık; rüzgar, su insan, hayvan ve odundan oluşan kaynaklarla doğup gelişip yıkılmıştır.

Orta çağa gelindiğinde enerji kaynakları kullanımında nitelik olarak büyük bir değişiklik olmadı. 1325 yılında İngiltere, kömürü Fransa'ya ihraç ederek 20.yy.da en önemli ekonomik öge halini alacak olan uluslar arası enerji hammaddesi ticaretini başlatmış oldu. Kuzey Avrupa'ya da yayılan bu ticaret ve

beraberinde gelen kömür kullanımı, bugünkü duruma zıt bir şekilde, kuzey ve orta Avrupa ormanlarının kesilerek yok olmasını engellemiştir (Steinhart 1974). Gemilerin okyanusta seyahat edilebilecek şekilde geliştirilmesinden sonra dünya deniz ulaşımı yeni yollara sahip olmakla kalmadı, “Yeni Dünya” olarak adlandırılan Amerika kıtası da keşfedildi. Bu keşif ve mali getirileri, Rönesans ile düşünsel evrim geçirmekte olan Batı dünyasını endüstri devrimine hazırladı.

2.3.2. Endüstri Devrimi ve sonrası

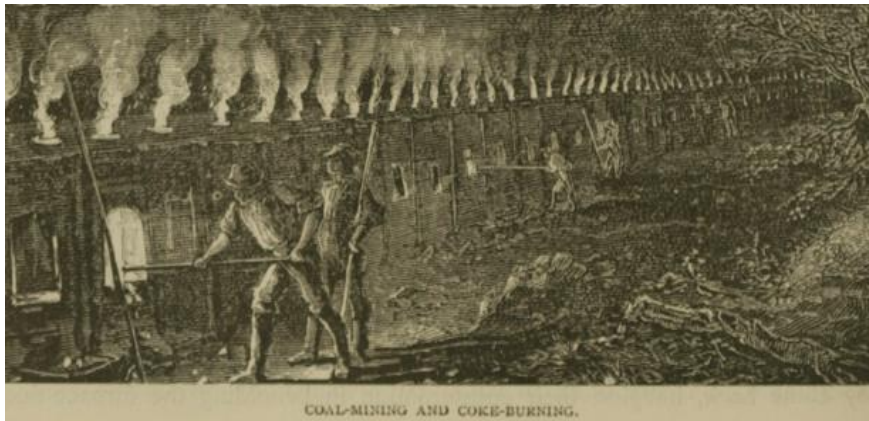
1750'lere gelindiğinde ulaşım araçları nitelik olarak pek gelişemese de nicelik olarak gelişmiş, dünyanın her yerinde yayılmıştı. Kömür kullanımı, kurulan madenler sayesinde çok artmıştı. Demirin de hammadde olarak kullanımının artması makine tasarımlarını geliştirdi. Amerika kıtasının ve Hindistan'ın sömürülmesinden elde edilen gelirler Avrupa'da mali zorlukları neredeyse ortadan kaldırdı. Bu ana koşullar, birbirini tetikleyen birçok buluşa yol açtı. Çoğunluğu kırsal alanda yaşayan insanların üretim için verdikleri çabalar derece derece azalmaya başlamıştı. Burjuvazi ve feodalite ilişkilerinin etkilerine paralel olarak teknolojik alandaki ilerlemeler Endüstri Devrimi'ni başlatan etmenler oldular⁽⁴⁾. Erken zamanlarda hareket için gerekli güç rüzgârlar ve akarsular gibi doğal kaynaklardan karşılanırken, bu kaynaklar üretim için gerekli enerjiyi karşılayamaz duruma geldi. 1765'de buhar kazanlı motorların bulunması, doğal enerji kaynaklarının fosil yakıtlarla yer değiştirmesine neden oldu (bkz. Şekil 2.13.). Kömür madenciliği yakıtı üretti, yakıt buhar makineleriyle ulaşım ve enerji gereksinimlerini karşıladı ve enerji de demir, çelik gibi hammaddelerin

⁽⁴⁾ Endüstri Devrimi'nin doğuşunu ağırlıklı olarak teknolojik ilerlemelere bağlamamak gerekmektedir. Şenel (2004)'e göre, Rönesans ile başlayıp Fransız Devrimi ile devam eden düşünsel uyanış hareketleri, siyasi ve ekonomik ilişkileri de kökünden sarsmıştır. Bu durum da teknolojik ilerlemeleri sonuçlardan birisi olarak ortaya çıkarmıştır. Siyasi, ekonomik, toplumsal ve bilimsel alandaki ilerlemeler sürekli birbirlerini beslemiştir.

üretmesini sağladı. Bu unsurlar birbirini sürekli besleyerek endüstrileşme sürecini hızlandırdı (Şenel 2004; Boyle 1996).

19. yy. da bilimsel ilerlemeler elektriğin keşfini sağladı. Sanayi devrimine ikinci büyük ivmeyi elektrik kazandırdı. Enerjinin böyle bir formda oluşu hem iletimini hem de kullanımını kolaylaştırıyordu. 1821 yılında ilk elektrik motoru yapıldı. 1823’de içten yanmalı motorun da bulunması, özellikle ulaşım alanında devrim niteliğinde ilerlemelere önayak oldu. Atlı arabalardaki hayvan gücünün motorlar sayesinde yerini fosil yakıtlara bırakması doğal kaynakların kullanımını en düşük seviyeye çekerek fosil yakıtların tekelleşmesinin son adımı oldu. Petrol türevi malzemelerin üretimi malzeme bilimini geliştirdi. Elektrik kullanımı ise gündelik hayatı bütünüyle dönüşüme uğrattı. Sanayi 19. yy. sonlarından itibaren fosil yakıtları hem ulaşımında hem de elektrik üretiminde kullanmaya başladı. Endüstrileşen ülkeler artık toprak ve hammaddesi için değil, enerji kaynaklarının kontrolü için savaş vermeye başladı. Bu dönemde petrol kömürü geride bırakarak en çok ihtiyaç duyulan kaynak oldu.

1903 yılında uçağın icadı hava ulaşımını olanaklı kılan ilk adım oldu. Sürekli ilerleyen otomobil endüstrisi ve demiryolu taşımacılığı dünyayı birbirine bağlamaya başladı. Enerji transferini olanaklı kılan elektrik ağları ve petrol boru hatları kuruldu. 2. Dünya Savaşı’nın sonunda nükleer reaktörler de enerji üretimine katkı sağlayan tartışılır enerji kaynakları oldular (Steinhart 1974; Boyle 1996). Enerji türlerinin keşif ve kullanım tarihlerine ve bunların sonuçları olan belli başlı teknolojik ilerlemelere dair bir döküm, Çizelge 2.9.’da sıralanmıştır.



Şekil 2.13. 1879 yılına ait bir resimleme. ABD’de bir fabrikada kömür işçileri (http 17).

Çizelge 2.9. Enerji kullanımının ve insanlık tarihinin önemli olaylarının kronolojik bir sıralaması

(Steinhart 1974; Ana Britannica 1990; http 18).

500000 yıldan önce	Ateş kullanılmaya başladı.
M.Ö.13000	Köpeğin evcilleştirilmesi.
M.Ö.9000	Tarımın başlaması.
M.Ö.8000	Kıtalararası buzul bağlarının erimesi.
M.Ö.7000	İlk orağın Filistin'de yapılması.
M.Ö.6000	Keçi, domuz, koyun, inek ve öküzün evcilleştirilmesi.
M.Ö.5000	İlk kızak ve gemi örneklerinin ortaya çıkışı.
M.Ö.3500	Yazının bulunması.
M.Ö.3000	Tekerleğin ve ilk tekerlekli ulaşım araçlarının icadı.
M.Ö.3000	Metalin eritilmesi, bronz yapımı.
M.Ö.2800	Rüzgar gücünden ilk kez yararlanılması: Yelkenli gemi yapımı.
M.Ö.2000	Atın evcilleştirilmesi ve ulaşımda kullanılmaya başlaması. Değirmenin yapımı.
M.Ö.1000	Demirin işlenmeye başlaması.
M.Ö.700	Petrolün keşfi
M.Ö.216	Arşimet'in kaldırma ve işleme prensiplerini bulması.
M.Ö.200	Atlar için koşum takımlarının yapımı.
M.Ö. 100	Yatay şaftlı değirmenler 0.3 kilowatt enerji üretmeye başladı.
M.Ö.27	Vitruvius'un kitabında su değirmenleri ve genel makine bilgilerini tanımlaması.
300	Düşen sudan beslenen düşey şaftlı değirmenler 2 kilowatt enerji üretmeye başladı.
650	İlk rüzgar değirmeninin yapımı.
770	Demir at nallarının icadı. Atlı ulaşımın gelişmesi.
900	Petrol ışıklandırma için kullanılmaya başladı.
1239	Kömür, demirciler tarafından yakıt olarak kullanılmaya başladı.
1300	Kömür, ev ısıtmasında kullanılmaya başladı.
1404	İlk büyük top Avusturya'da yapıldı.

1492	Leonardo Da Vinci tarafından ilk gerçekçi uçan makine tasarımları yapıldı.
1620	İlk denizaltının yapımı.
1662	Blaise Pascal tarafından otobüsün öncülü olan ilk toplu taşıma aracı yapıldı. Atlarla hareket eden bu araç, bir güzergâha sahipti.
1673	Huygens'in barutla çalışan ilk içten yanmalı motoru tasarlaması.
1690	Papin'in ilk pistonlu motoru tasarlaması.
1693	Leibnitz'in potansiyel ve kinetik enerji'yi ve çevrimlerinin yasalarını bulması.
1712	Newcomen'in ilk buhar pompalı motoru bulması.
1740	Demir teknolojisinde gelişmeler.
1765	Watt'ın modern buhar motorunu bulması.
1769	Kendi kendini götürebilen ilk kara taşıtı Nicolas J. Cugnot tarafından yapıldı.
1783	İlk buhar motorlu vapurun yapımı.
1783	Montgolfier kardeşlerin ilk sıcak hava balonunu uçurdu.
1789	Colulomb'un elektrostatik üzerine çalışmalara başladı.
1790	Modern bisikletin icadı.
1801	Richard Trevithick'in kara ulaşımı için ilk buharlı lokomotifi yaptı.
1807	Isaac De Rivans'ın hidrojenli içten yanmalı motoru tasarladı ve başarısız oldu.
1820	Samuel Morey biyoyakıtı içten yanmalı motorda başarıyla kullandı.
1821	İlk elektrik motorunun yapımı.
1823	İlk benzinli içten yanmalı motorun yapımı.
1867	İlk motorlu bisiklet yapıldı. Kömürle çalışmaktaydı.
1876	Niklaus August Otto, dört zamanlı benzin motorunu geliştirdi.
1885	Karl Benz, dünyanın ilk içten yanmalı kullanılabilir otomobilini geliştirdi.
1899	İlk zeplin, Ferdinand Von Zeppelin tarafından uçuruldu.
1903	Wright kardeşler ilk motorlu uçağı yaptı.
1908	Henry Ford, otomobil dünyasında ve sanayide devrim niteliğindeki seri üretim yöntemini geliştirdi.
1926	Sıvı sevk yakıtı kullanan ilk roket geliştirildi.
1940	Modern helikopter geliştirildi.

1941	İlk jet uçağı yapıldı.
1947	Sesten hızlı giden ilk araç olan süpersonik jet uçuruldu.
1954	İlk nükleer elektrik santrali SSCB'de faaliyete geçti.
1957	İlk iletişim uydusu Sputnik 1, SSCB tarafından fırlatıldı.
1961	Uzaya ilk insan gönderildi. (Yuri Gagarin, Vostok 1 adlı gemi ile).
1964	Hızlı tren yapıldı.
1969	Ay'a iniş gerçekleştirildi. (Apollo 11)
1970	İlk jumbo jet yapıldı.
1981	İlk uzay mekiğı fırlatıldı.

Çizelge 2.10. Tarihte enerji sağlayan kaynakların üretebildikleri enerji miktarları (Steinhart 1974).

Kaynak	Ürettiğı güç (kW)
İnsan	0.1
Öküz	0.2
At	0.5
Yel Değirmeni	15
Su Değirmeni	300
Buhar Makinesi	2000
İçten Yanmalı Motor	10000
Gaz Türbini	80000
Su Türbini	100000
Buhar Türbini	1000000
Sıvı Sevk Yakıtlı Roket Motoru	16000000

Bu gelişmeler günümüze dek bilim ve teknoloji alanında çok önemli getiriler sağlamıştır. Çizelge 2.9.'da görüleceğı gibi bugün kullanılan birçok ürünün temelleri enerji dönüşümleri çerçevesinde atılmıştır. Çizelgede otomobillerin motorlarına temel olan örnekler de görülmektedir. Ancak, örneğın lokomotiften hızlı trene bir gelişim söz konusu iken, otomobilde içten yanmalı motorların bulunmasıyla bu gelişimin aynı tip motorların geliştirilmesi hariç neredeyse durduğı açıktır. Otomobillerde kullanılan enerji türü buhar kazanları için gerekli kömürden içten yanmalı motorlar için gerekli petrole evrilmiş, bunun dışında kilometre taşı sayılabilecek bir gelişme olmamıştır. Denilebilir ki, nitelik olarak pek değışme göstermeyen enerji kaynakları kullanımı (bkz. Çizelge 2.10.),

nicelik olarak çok büyümüştür. Bütün bu süreçte petrol ürünleri, maliyetlerinin azlığı nedeniyle en fazla tercih edilen enerji türü konumuna gelmiştir.

Şen (2002), 20. yüzyılın ortalarından itibaren endüstri gelişimlerini tamamlamış toplumların artık endüstri sonrası bir gelişim sürecine girmiş olduklarını belirtmektedir. Enerji kaynakları kullanımının yaygınlaşması ve aşırı tüketiminin gözle görülür ekonomik siyasi ve çevresel sonuçları özellikle 1960'lardan sonra daha anlaşılır hale gelmiştir. Bu etkiler gelecek bölümde incelenecektir.

2.4. Enerji Kullanımının Etkileri

Enerji kullanımının toplumlara ve çevreye etkileri iki başlık altında incelenecektir. Öncelikle enerji ve çevre etkileşimi ele alınacak, ardından günümüzün ekonomik ve politik yapısıyla olan ilişkisi anlatılacaktır.

2.4.1. Çevreye etkileri

Enerji kaynaklarının kullanımının çevreye etkileri ortaya konmadan önce çevre kavramını tanımlamak yerinde olacaktır. Çevreyi tanımlama konusunda çok farklı görüşler ortaya atılmıştır. Herkesçe kabul gören değişmez bir gerçek, çevre kavramının mekândan bağımsız olamayacağıdır. Yaşayan canlıların buldukları mekânla hayati ilişkilerinin varlığı da açıktır. Öyleyse çevre kavramı bu bilgilerden hareketle; canlı varlıkların, hayati bağlarla bağlı oldukları, etkiledikleri ve etkilendikleri mekân birimlerine o canlı varlıkların yaşam ortamı veya çevre denir, denilebilir. Toplumbilimciler de bu tanımları genişleterek çevreyi bir bireyin, bir toplumsal kümenin ya da bir toplumun biyolojik, toplumsal, kültürel yaşamını etkileyecek dış şartların tamamı olarak çerçeveselendirmektedirler (Görmez 2007).

Önceleri doğayla tam uyumlu bir yaşamı olan insan, gelişkin zekâsının yardımıyla doğaya müdahale eder hale gelmiştir. Sanayi alanında yapılan atılımlar, ekonominin işleyişinin tüketime endeksli hale gelmesi, üretim ve tüketim atıklarının ivmelenecek artması gibi etmenler, doğanın dengesini neredeyse geri döndürülemez bir biçimde bozmuş durumdadır. Sanayi devrimi ve düşünsel gelişimler her ne kadar çevreyle ilgili sorunların temeli sayılsa da doğayı korumaya yönelik arayışların da hemen hemen aynı dönemlerde başladığı bilinmektedir (Görmez 2007).

Fosil yakıtların çevreye etkileri

Atmosfer, yeryüzünü saran ve kalınlığı 120 km.ye yaklaşan gazlar karışımına denmektedir. Günümüzdeki enerji kullanımının en belirgin sonuçlarından biri, atmosfer yapısının bozunmaya uğramasıdır. Fosil yakıtlar (petrol, kömür, doğal gaz) yüz milyonlarca yıl önceki canlı kütlelerinin başkalaşmasıyla oluşmuştur. O tarihte Dünya atmosferindeki gaz dağılımı bugünkü hayatın sürdürülmesine imkân sağlamayacak ölçüde farklıydı. O zaman yüksek yoğunlukta bulunan karbondioksit (CO₂) bitkiler tarafından parçalanarak karbon (C) elementini yapı taşı olarak kullanıldı, oksijen (O₂) ise atmosfere salınarak bugünkü atmosfer dengesine ulaşıldı (bkz. Çizelge 2.11.). Bugün bu fosil yakıtların sanayide her alanda kullanılması ise, açık bir şekilde eski atmosferik yapının tekrar oluşması demektir.

Fosil yakıtların içeriğinde yüzlerce madde bulunur. En çok bulunan bileşik hidrokarbonlardır. Hidrokarbonlar yalnızca karbon ve hidrojenden meydana gelen maddelerdir. Bunlardan başka çok düşük miktarlarda azot, kükürt ve oksijen de bulunur. Bu bileşikler, büyük oranda otomobil motorlarında havadaki oksijenle birleşerek yanarlar ve karbondioksit ve su buharı başta olmak üzere sera etkisini⁽⁵⁾

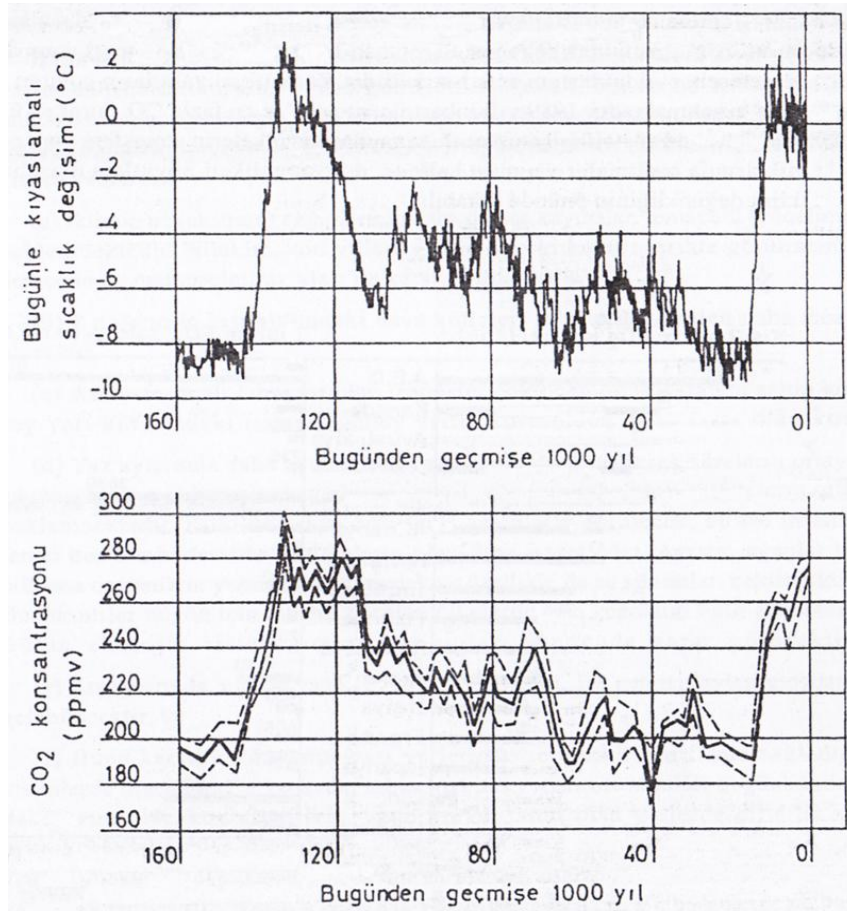
⁽⁵⁾ Sera etkisi, yeryüzüne ulaşan ışınların yansıyan bölümünün su buharı ve karbondioksit gazları tarafından soğurulması ile oluşan atmosfer ısınması olayına denmektedir (Ana Britannica 1990).

artıran gazları atık olarak bırakırlar. İşte bu gazlar küresel ısı artışının ve dolayısıyla iklim değişikliklerinin temel nedenini oluşturmaktadır (Hollander 1992; Gündüz 2004). Çizelge 2.12., karbondioksit salınımının küresel sıcaklıkla olan ilişkisini ortaya koymaktadır. Çizelge 2.13. ise bu artışın endüstri devrimi sonrasındaki durumunu göstermektedir.

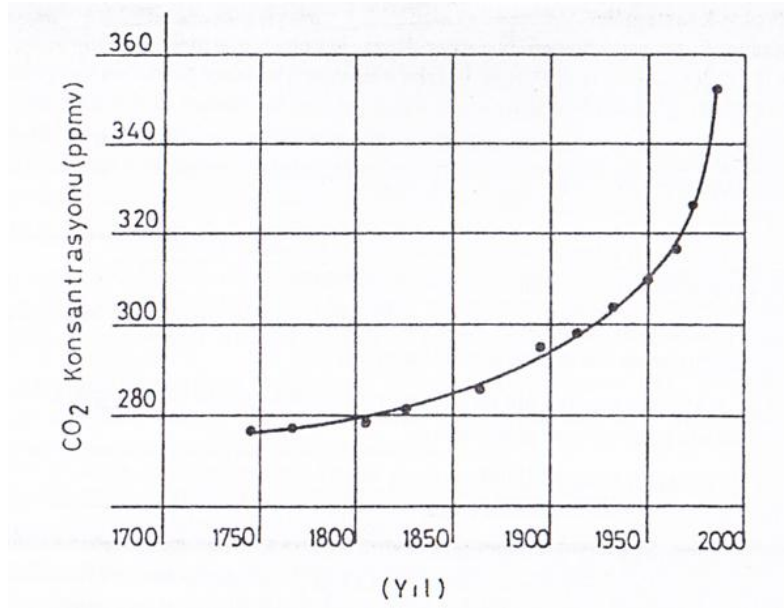
Çizelge 2.11. Atmosferi oluşturan başlıca gazlar ve oranları (Ana Britannica 1990).

Gaz	Hacim Bazında Bulunma Yüzdesi
Azot	78
Oksijen	21
Argon	0,9
CO ₂ ve Diğer Gazlar	0,1

Çizelge 2.12. Karbondioksit oranı ve atmosfer sıcaklığının değişim grafiği (Şen 2002).



Çizelge 2.13. Endüstri devrimi ve sonrasındaki karbondioksit salınımı artışı (Şen 2002).



Bu karbondioksit salınımının küresel sıcaklığı artırmasının buzulların erimesine, deniz seviyesinin artmasına ve büyük kara parçalarının sular altında kalmasına neden olacağı öngörülmektedir (Gürsoy 1999).

Ozon (O₃), atmosferin doğal bir bileşenidir. Yeryüzünden 30 km. kadar yukarıda en yoğun hale gelir. Güneşten gelen morötesi⁽⁶⁾ ışınlarının %99'unu soğurarak biyosferdeki canlı yaşamın devam etmesini sağlar. Ozon gazının oluşturduğu bu koruyucu katmana Ozon Tabakası denir. Azot oksitleri (NO ve NO₂) ozon tabakasının bozunmasının ana nedenleridir. Bu gazların %80'i doğal kaynaklardan, geri kalanı da yapay kaynaklardan (otomobil, enerji üretimi için fosil yakıt kullanımı, yangınlar) salınır. Bu gazlar ozon molekülünü parçalayarak oksijene (O₂) indirgerler. Bu şekilde ozon tabakası koruma işlevini yerine getirememeye başlar.

⁽⁶⁾ Ultraviyole ışınım olarak da bilinen bu ışın, güneş gibi çok sıcak merkezlerden yayılır. İnsan gözü tarafından görülemeyecek bir frekansa sahiptir. İnsan bedeni üzerinde doğrudan ve dolaylı etkileri (güneş yanıkları, kan pıhtılaşması, metabolizma bozuklukları vb.) vardır (Ana Britannica 1990).

Sülfür dioksit (SO₂) de fosil yakıt yanması sonucu oluşan bir gazdır. Azot oksitlerle birlikte toprağın verimine ve doğal yaşama olumsuz etkilerde bulunan asit yağmurlarının oluşmasına yol açarlar. Karbon monoksit de (CO) otomobillerin egzozlarından çıkan zehirli bir gazdır. En yüksek yoğunluğa yerleşim merkezlerinde rastlanır. Bunun başlıca nedeni otomobillerdir. Yerleşim merkezlerinin üzerinde birikerek insan ve diğer canlılar üzerinde sağlığa olumsuz etkiler meydana getirir. (Schlager ve Weisblatt 2006).

Fosil yakıtların etkileri hava kirliliğiyle sınırlı değildir. Fosil yakıtların yanmasıyla çeşitli partiküller de⁽⁷⁾ atmosfere karışmaktadır. Bu partiküller içerdikleri elementlere bağlı olarak üst veya alt solunum sisteminin sağlığı üzerinde olumsuz etkilere neden olur. Bu partiküller yer çekimiyle rüzgâr yoluyla veya yağmurlarla yeryüzüne geri dönerler ve toprak kirliliği⁽⁸⁾ yaratırlar. Bu kirlilik özellikle bitki yaşamını etkilemektedir. (Gündüz 2004). Yılmaz (2004), toprak, hava ve su kirlenmesinin ilişkileri konusunda şu görüşleri belirtmektedir:

“ Bilinen bir gerçek de, doğanın tüm elemanlarının birbirleri ile doğrudan veya dolaylı olarak iletişim içerisinde olduğudur. Bu elemanlardan bir tanesinin kirlenmesini bir diğerinin kirlenmesinden izole etmek güçtür. Toprakta biriken ve kirleten maddeler, topraktan süzülüp yeraltında biriken suları da kirletmekte, bu sular da insan sağlığına yönelik bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle su kirliliği de önemli bir çevresel sorundur” (Yılmaz 2004).

Suların kirlenmesi, nitelik olarak akarsu kirlenmesi, deniz kirlenmesi ve kullanım suyunun kirlenmesi alanlarında üç gruba ayrılabilir. Kirletici kaynaklar açısından incelendiğinde de üç kaynaktan bahsetmek mümkündür. Bunlar evsel atıklar, endüstriyel atıklar ve tarımsal atıklardır. Özellikle akarsu kenarlarında kurulan endüstri tesislerinin su kirliliğinde en büyük faktör olduğu bilinmektedir.

⁽⁷⁾ Saf su damlacıkları haricinde, atmosferde bulunan çok küçük katı veya sıvı parçacıklarına partikül denmektedir (Gündüz 2004).

⁽⁸⁾ Toprak kirliliği, toprağın insanların özümleme kapasitesinin üzerindeki çeşitli bileşikler ve toksik maddeler ile yüklenmesi sonucunda anormal fonksiyonlar göstermesi olarak tanımlanır. Fosil yakıtların yanı sıra zirai ilaçlar, katı atıklar ve çöpler de toprak kirlenmesinde büyük rol oynamaktadır (Görmez 2007).

Rafineri ve petrokimya tesislerinde fosil yakıtların kullanımı sonucu açığa çıkan katı atıklar toprağı kirlettikleri gibi suları da kirletmektedirler (Görmez 2007).

Dünyada üretilen ham petrolün yarısından fazlası tankerlere yüklenerek deniz taşımacılığı yoluyla iletilmektedir. Taşınan bu petrolün her yıl %0.1 kadarını oluşturan 1 milyar litresi deniz ve okyanuslara akmaktadır (Steinhart 1974).

Yenilenebilir kaynakların çevreye etkileri

IEA⁽⁹⁾, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki şu an %20 olan payının 2010 yılından sonra büyük oranda artacağını öngörmektedir. Bu durum da bu kaynakların çevreyle olan ilişkilerinin önemini artırmaktadır (Anonim 1998).

Güneş enerji sistemlerinin çevreye hem olumlu hem de olumsuz etkilerinden söz edilebilir. Olumlu tarafta çevre dostu denilebilecek kullanıma sahip olmaları, atmosferi toksik gazlarla kirletmemeleri, asit yağmurlarına yol açmamaları sayılabilir. Büyük güneş enerji santralleri, başta hayvansal yaşam olmak üzere çevrelerindeki habitata⁽¹⁰⁾ olumsuz etkilerler. PV hücreleri çatılarda ya da diğer donanımlarda çokça kullanıldığında estetik olarak hoş olmayan durumlar yaratabilmektedir. Endüstriyel tasarım ya da mimarlık disiplinleri perspektifiyle ele alındığında, oluşacak bu görüntü bozukluğu da engellenmiş olacaktır. Uzun ömürlü olmalarına rağmen PV hücrelerinin de bir kullanım ömrü vardır ve geri dönüştürülebilir olmaları gereklidir. İçerdikleri silikon malzemeler %99 oranında zararsız olmasına rağmen yapılarında az miktarda ancak önemsenmesi gereken toksik metaller barındırırlar. Bu nedenle geri dönüşüm sürecinin iyi organize edilmesi çevreye bu metallerin salınmaması için önemlidir. Ayrıca yapılarında hiçbir hareketli aksam olmaması da gürültü kirliliğine yol açmamalarını sağlar (Boyle 1996; Schlager ve Weisblatt 2006).

⁽⁹⁾ IEA: International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı – UEA).

⁽¹⁰⁾ Habitat, bir canlı grubunun yaşam alanı olarak tanımlanabilir (Schlager ve Weisblatt 2006).

Çizelge 2.14. Elektrik üretiminde kullanılan bazı kaynaklar ve zararlı gaz salınım oranları (g/kWh) (Anonim 1998).

	Biyokütle	Solar PV	Solar Isı	Kömür	Petrol	Doğal gaz
CO ₂	17-27	98-167	26-38	955	987	430
SO ₂	0.07-0.16	0.2-0.34	0.13-0.27	11.8	14.2	-
NO _x	1.1-2.5	0.18-0.30	0.06-0.13	4.3	4	0.5

sürecinin iyi organize edilmesi çevreye bu metallerin salınmaması için önemlidir. Ayrıca yapılarında hiçbir hareketli aksam olmaması da gürültü kirliliğine yol açmamalarını sağlar (Boyle 1996; Schlager ve Weisblatt 2006).

Biyokütle enerjisi çevriminin çok dikkatli bir şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Bu kaynağın yenilenebilir enerjiler sınıfına girmesi büyük oranda CO₂ salınımında dengeli bir çevrime sahip olmasından ileri gelir. Biyokütle üretiminde kullanılan organik maddeler 100 yıldan daha kısa bir süre önce atmosferde bulunan CO₂ gazını soğurmuş durumdadırlar. Bu kaynakların sürekli ekilip yakılmasının, atmosferdeki CO₂ derişimini uzun vadede değiştirmeyeceği hesaplanmaktadır. Eğer biyokütle üretimi tüketiminden az olmaya başlarsa CO₂ dengesi bozulur ve atmosfere daha fazla CO₂ salınmış olur. Biyokütle atmosfere fosil yakıtlara oranla yaklaşık %65 daha az CO₂ salmaktadır (Boyle 1996, Gündüz 2004).

Hükümetler ve uluslararası örgütler yenilenebilir enerji kaynaklarına, insanların çevreye verdiği zararı azaltıcı bir unsur olarak bakmaktadırlar. Bu enerjileri etkin kullanmak, CO₂, NO₂, SO₂ salınımlarını düşürmek anlamına gelmektedir (bkz. Çizelge 2.14.). Bu kaynakların kullanımının yaygınlaşmasının fosil yakıt tüketimini de azaltacağından dolayı, çevre zararını indirgemedede çok daha etkili olacağına inanılmaktadır (Anonim 3 1998).

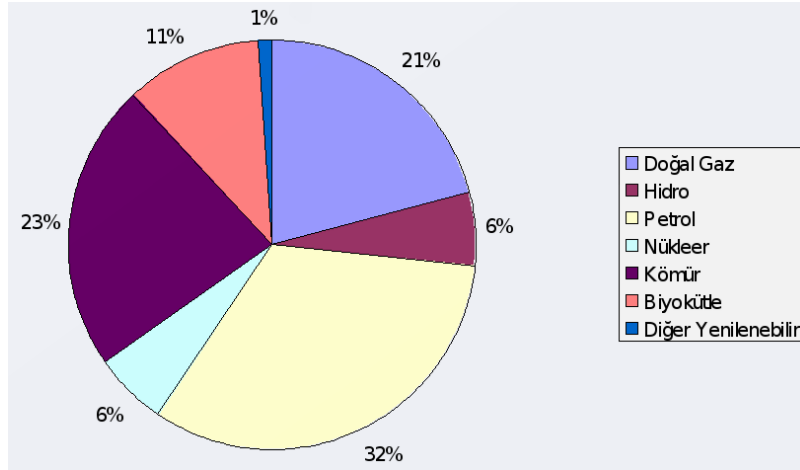
2.4.2. Enerji kaynaklarının günümüzdeki kullanımı ve enerji politikaları

Ekonomi, servetin toplum tarafından üretimini, bölüşümünü ve tüketimini inceleyen bir bilim olarak tanımlanır (Ana Britannica 1990). Üretim ayağının bileşenleri enerji ve hammaddedir. Endüstri devrimi ve sonrasında yaşanan süreçte, en büyük iki ihtiyaç enerji ve hammadde gereksinimi olarak belirmiştir. Ulusal ekonomiler bu ihtiyaçların güdümünde hareket etmiştir. Bu enerji temini ihtiyacı, uluslararası enerji ticaretini başlatmıştır. Bu ticaretin çok büyük bir bölümü fosil yakıtlardan oluşmaktadır. Önceki bölümlerde açıklandığı gibi, fosil yakıtlarının önemli kısmı belirli coğrafi alanlara yığılmış durumdadır. Endüstriyel gelişimlerini tamamlamış ülkeler, bu alanlardaki enerji rezervlerine sahip olmadıkları için dünya genelinde bir enerji ticareti gelişmesi yaşanmıştır. Ucuz olan fosil yakıtlar günümüze kadar bu enerji ihtiyacının karşılamışlardır. Ülkelerin birçok siyasi gelişmeleri de bu doğrultuda oluşmuştur, enerji temelli politikalar güdülmeye başlanmıştır (Tanilli 2004; Steinhart 1974).

Ancak mevcut stratejilerle bu politikaların sürdürülemezliği ortadadır. Ekoloji ile uyumlaşamayan enerji tüketimi, nüfustaki hızlı artış ve beraberinde getirdiği enerji ihtiyacı, mevcut kaynaklar üzerindeki baskıyı artırıp genel kalkınmayı yavaşlatmaktadır. Bu politikaların temelini enerji temininin sürdürülebilirliği çerçevesinde sürdürülebilir kalkınma⁽¹¹⁾ oluşturmalıdır (Anonim 1987). Mevcut enerji üretimi ve kullanımında fosil yakıtların ağırlığı Çizelge 2.15.'de görülmektedir. Yalnızca bu tablodaki veriler bile kalkınmanın sürdürülebilirliği önünde bir engeldir. Diğer bir önemli engel de önceki bölümde açıklanmaya çalışılan çevresel etkilerdir. Petrol kaynakları ile ilgili pek çok tahmin, petrol üretiminin ve dolayısıyla tüketiminin 21. yüzyılın ilk çeyreğinde

⁽¹¹⁾ Birleşmiş Milletler Genel Kurulu kararıyla 1983 yılında kurulan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun Brundtland Raporu'nda, ortaya koyulan kalkınma modeli olarak sunulmuştur. Rapor, enerji üretim ve tüketim alışkanlıklarında güvenli ve sürdürülebilir bir yola gidebilmek için siyasi ve ekonomik alanlarda köklü dönüşümleri gerçekleştirmek ve yatırımları yeniden yapılandırmak gerekliliğini ileri sürmektedir.

Çizelge 2.15. 2002 yılı itibariyle enerji türüne göre dünya enerji tüketimi (Nersesian 2007).

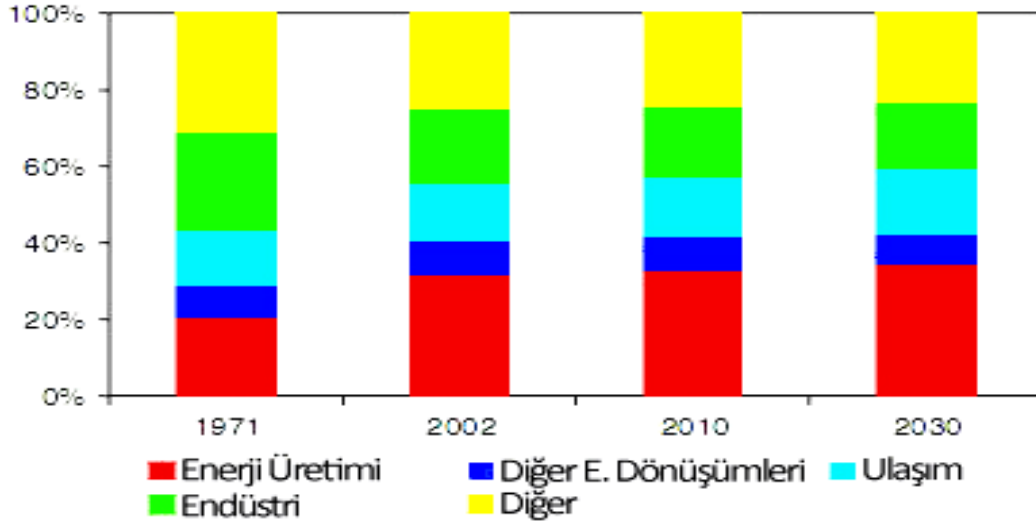


tırmanışı kesip giderek tükenen petrole bağlı olarak, petrol fiyatının artmasıyla yavaş yavaş azalacağı yönündedir (Gürsoy 1999).

Dünyadaki enerji tüketiminin %53'üne denk olan petrol ve doğal gaz pazarının %70'i, yani dünyada kullanılan toplam enerjinin %37 kadarı 7 büyük şirketin denetimindedir. Bu durum da enerji gereksiniminin çok kritik birkaç merkeze bağlı olarak karşılandığını göstermektedir. Çok büyük bir sektör birkaç merkez üzerinde istikrarlı bir ilerleme kaydetmeye çalışmaktadır (Steinhart 1974).

Dünya enerji kullanımının hangi sektörlerde ne oranda kullanıldığı Çizelge 2.16.'da verilmiştir. Enerjinin diğer türlere dönüşümü konusu ekonomik ve verimlilik bakımından çok önemlidir. Bu sektörlerde kullanılan enerji ısı ve elektrik enerjisine çevrilmek üzere kullanılır. Isıya dönüşüm endüstri ve ulaşımdadır, elektrik dönüşümü ise kamu kullanımı ve yine endüstri için yapılır. Kullanılan kaynakların %35 kadarı elektrik üretimine harcanır. Geri kalan bölüm ise ısı enerjisine ve hareket gibi diğer dolaylı enerjilere harcanır. Tükenebilir kaynakların yakılarak elektrik üretiminde kullanılması son derece verimsiz bir uygulamadır. Giren enerji dönüştürüldüğünde çıkışta %36'sı kadar elektrik enerjisi elde edilir. %64'lük bölüm ise akarsu ve atmosferi ısıtarak küresel ısınmaya katkıda bulunur (Kreith ve Goswami 2007; Nersesian 2007).

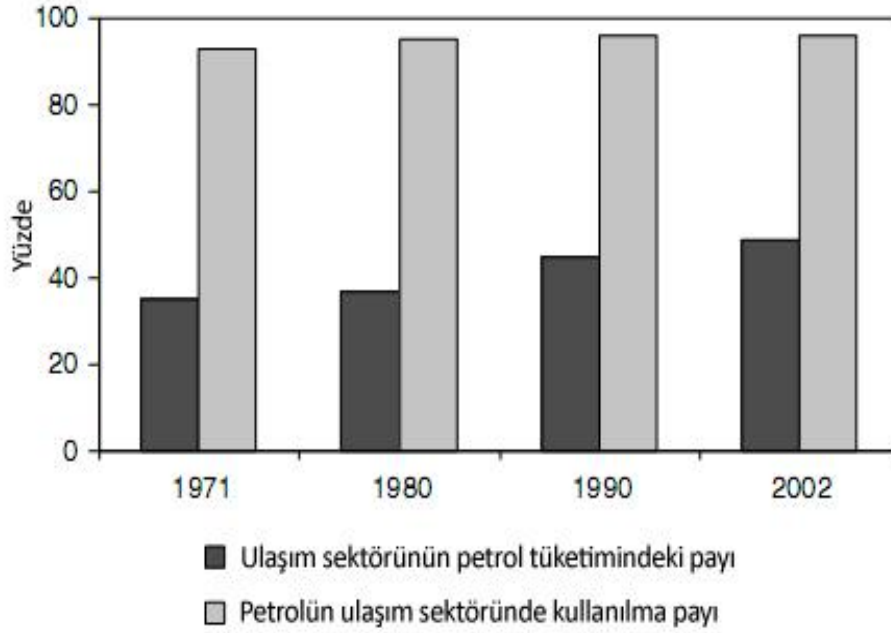
Çizelge 2.16. Dünya enerji kullanımının sektörlere dağılımı (Kreith ve Goswami 2007).



UNDP⁽¹²⁾ 2004 yılı dünya enerji değerlendirmesi raporuna göre gelecek 20 yıl içinde sağlanan üretim seviyesi korunmak kaydıyla toplam tüketilen enerjide %25 ile %35 arası verimlilik artışı sağlanabileceği öngörülmektedir. Bu öngörünün gerçekleşebilmesi için en büyük yapısal değişikliğin ulaşım alanında olması gerekmektedir. Kreith ve Goswami (2007), enerji kullanımında tasarruf sağlamak için en büyük potansiyelin ulaşım ve konut ısınmasında olduğunu belirtmektedirler. Daha önceki bölümlerde anlatıldığı gibi, konut ısıtması alanında verimlilik sağlanması, büyük oranda yalıtıma bağlıdır. Ulaşım alanı incelendiğinde, bu alanda kullanılan enerjinin 2007 yılı itibarıyla %95'i petrol türevi yakıtlardan oluştuğu görülmektedir. Bu alan ayrıca toplam hava kirliliğinin de %27'sini yarattığı için çok önemlidir. Çizelge 2.17.'de ulaşım sektörü ve petrol tüketimi arasındaki ilişki görülebilir. Ulaşım sektörünün petrol tüketiminin %40'dan fazlasını kullanıyor olması ve bu miktarın artması endişe vericidir. Yenilenebilir kaynaklara bakıldığında ise potansiyelin çok az bir bölümünün kullanıldığı görülmektedir. Örneğin 100 TW'dan fazla potansiyeli olan güneş enerjisinin günümüzde 6 GW kadarı kullanılmaktadır.

⁽¹²⁾ United Nations Development Programme (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı).

Çizelge 2.17. Ulaşım sektöründe petrol tüketiminin payı ve toplam petrol tüketiminin ulaşım sektöründe kullanılma payı (Kreith ve Goswami 2007).



Enerji politikalarında olması öngörülen değişiklik, daha önce bahsedildiği üzere ulaşım alanının yeniden yapılandırılmasını ve sürdürülebilir bir kalkınma için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Açıklanmaya çalışılan bu enerji tüketim ve kullanım görünümüne göre yenilenebilir kaynaklar gelecek için taşıyıcı olmasa da petrolden boşalacak boşluğu doldurabilecek potansiyele sahiptir (Kreith ve Goswami 2007).

Nersesian (2007), dünyada bugün 700 milyon motorlu aracın kullanıldığını, ulaşım alanında en büyük payın bu sayıyla kara taşımacılığına ve otomobillere ait olduğunu belirtmektedir. Mevcut toplum yapısı içinde (yaşam biçimi, kullanım alışkanlıkları) bu sayının azaltılması pek mümkün görünmemektedir. Meydana gelecek olan maliyet artışı ve çevreye olumsuz etkisi az olan bir enerji kullanımı kaçınılmaz hale gelmiştir.

3. OTOMOBİL KAVRAMI VE TARİHSEL GELİŞİMİ

Otomobilin bir kavram olarak ortaya çıkışı ve tarihsel gelişimi iki başlık altında incelenecektir.

3.1. Otomobil Kavramı

Otomobil, temel olarak yolcu taşımakta kullanılan, içten yanmalı motorlu, dört tekerlekli taşıt olarak tanımlanabilir (Ana Britannica 1990). İngilizce asıllı olan kelime incelendiğinde (auto–mobile, kendi kendine–hareketli) bu kavramın, bir hayvan ya da insan gücü olmaksızın kendi gücüyle hareket etme yeteneğini ifade ettiği söylenebilir. Otomobil bir ürün olarak incelendiğinde bir zemin üzerinde hareket edebilen, kendini hareket ettirecek enerji depo birimleri, bir oturma mekânı, araç kontrol mekânı ve yeterli tahrik gücüyle donatılmış devingen bir taşıt olduğu görülmektedir. Taşıtların temel hareket biçim değişikliği; hayvan gücüne dayalı olan hareket düzensizliği, yavaşlığı ve performans değişiminden sıyrılıp, mekanik düzeneklerin sağladığı hareket ve güç standardizasyonunun sağlanmasıyla meydana gelmiştir (Elçioğlu 2003).

3.2. Otomobilin Tarihsel Gelişimi

Otomobilin meydana gelmesini sağlayan bilimsel ve teknolojik ilerlemelerle, bunların enerji kaynaklarıyla olan ilişkileri önceki bölümde de belirtildiği gibi uzunca bir süre gelişme göstermemiş, at arabaları kara ulaşımında yüzyıllar boyu kullanılagelmiştir. Atsız araçların gelişimleri; tarihsel süreç içinde ortaya çıkan ekonomik, siyasi, bilimsel ve teknolojik ilerlemelerin kullanılan enerji kaynaklarına etkilerinin ve bu enerji kaynaklarının birbirlerine olan etkilerinin anlaşılabilmesi açısından tek bir kronolojik akışla birlikte ele alınmaya çalışılacaktır.

Özitmeli bir taşıt düşüncesi, Leonardo Da Vinci'nin de bazı çizimlerinde de görüleceği gibi daha 15. yüzyılın ortalarında geliştirilmiş, bu tür bir aracın yay, zemberek gibi aletlerin yardımı ya da rüzgâr gücüyle hareket ettirilebileceği düşünülmüştü. Sümerlerin ilk örneklerini yaptıkları araçlara itki gücü sağlayacak kaynak 18. yüzyılın ortalarına dek bulunamadı (Ana Britannica 1990; Corbett 1999). Daha önceki bölümlerde bahsedilen endüstri devrimi ve toplumsal etkileri insanların yaşam biçimlerini değiştirmeye başladı. Toplu üretim şehir nüfusunu önemli ölçülerde yükseltti. Hammaddelerin fabrikalara verimli ve hızlı bir biçimde taşınma gerekliliği ve şehir yaşamındaki ulaşım ihtiyacı otomobilin bulunması için zemin oluşturdu.

3.2.1. Otomobil öncesi dönem

At ya da başka bir hayvanın yardımı olmaksızın hareket edebilen ilk araç, Nicolas-Joseph Cugnot'un 1769 yılında yaptığı buharlı bir top arabasıydı (bkz. Şekil 3.1.). Bu gelişmenin ardından İngiltere, Almanya, Fransa ve ABD'de birçok



Şekil 3.1. Nicolas-Joseph Cugnot'un 1769 yılında yaptığı buharlı araç (<http> 19).

farklı tipte buharlı araç üretilmeye başladı. Yakıt olarak çoğunlukla kömür ve havagazı kullanılmaktaydı. Ancak bu örnekler basınçlı buhar kazanları yüzünden çok büyük tehlike yaratıyorlardı, ayrıca düşük bir sürate ve menzile sahiptiler.

1829 yılında İngiliz mühendis George Stephenson çalışan ilk lokomotif yapana dek buhar itkili araçlar tam anlamıyla kullanılabilir hale gelemedi. Buhar kazanları tren lokomotifleri için uygun bir itici güç oldular ancak, otomobil gibi hareket özgürlüğü trenlere oranla çok daha fazla olması gereken araçlar için fazlasıyla hantal kalmaktaydılar (Gifford 2003; Ana Britannica 1990).

Araçların hareket düzenekleri konusundaki arayışlar elektrik kullanılan düzeneklerin, benzinli motorlardan daha çabuk geliştirilmesini sağlamıştır. 1835 yılında Sibrandus Stratingh, elektrik gücüyle çalışan ilk elektrikli otomobili üretmiştir (bkz. Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Sibrandus Stratingh tarafından yapılan, elektrik ile çalışan ilk araç (<http://21>).

Stratingh'in aracı elektrikli otomobillerin öncülü sayılmaktadır. Bu gelişmeden sonraki yıllarda Thomas Davenport ve Robert Davidson da salt elektrik enerjisiyle çalışan otomobiller üretmişlerdir (Yılmaz 2004; http 20).

İçten yanmalı⁽¹³⁾ ilk motor örneği 1863 yılında Belçikalı bir mühendis olan Etienne Lenoir tarafından yapıldı. Bu motor havagazıyla çalışmaktaydı. Geliştirilen diğer içten yanmalı motorlar da benzin yerine kömür, havagazı ve havadan oluşan bir karışımla çalışıyorlardı. Artık yeni bir araç doğmuş kabul edildi ve ona farklı bir isim verilme gerekliliği duyuldu. Fransız Akademisi 1875 yılında otomobil (automobile) ismini türetti ve bu isim tüm dünyadaki özitmeli araçların ortak adı oldu (McShane 1997).

3.2.2. Otomobilin ortaya çıkışı

Bugün kullanılan araba motorlarının öncülü sayılan ve benzinle çalışan dört zamanlı ilk içten yanmalı motor, 1876 yılında Nicholas Otto tarafından yapıldı (Anonim 1997). Ancak 20. yüzyılın başlarına değin otomobillerde temel itici güç kaynağı olarak buhar ve elektrikten yararlanılmaya devam edildi. 1890'lara kadar hızla yaygınlaşan benzin motorlu taşıtlar elektrikli olanlara göre daha hızlıydılar, uzun yolculuklar için daha uygundular ve buharlı otomobillere oranla daha az bakım gerektiriyorlardı (Ana Britannica 1990). Benzinli motorlar bu avantajlarıyla buharlı ve elektrikli araçlar arasından sıyrılmaya başladılar. O zamana dek eczanelerde satılan ve petrol damıtımında istenmeyen bir yan ürün olan benzin bu sonuçla çok büyük bir önem kazanmaya başladı. İlk petrol şirketlerinin kurulması da bunun bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Geliştirilen bu içten yanmalı motor modeli, bugünkü otomobil motorlarının temelini oluşturmaktadır (McShane 1997). Rudolf Diesel adlı bir Alman mühendis, 1897'de mazotla çalışan ve farklı bir çalışma prensibine dayalı dizel motoru

⁽¹³⁾ İçten yanmalı motor, yakıtını buhar gücü ile çalışan motorların su kaynatılan ocak bölmesi gibi ayrı bir bölmede değil, kendi içinde yakan motor türüdür. Pistonlu sıvı ve gaz yakıtlı motorların tümü içten yanmalı motor sınıfına girerler (Ana Britannica 1990).

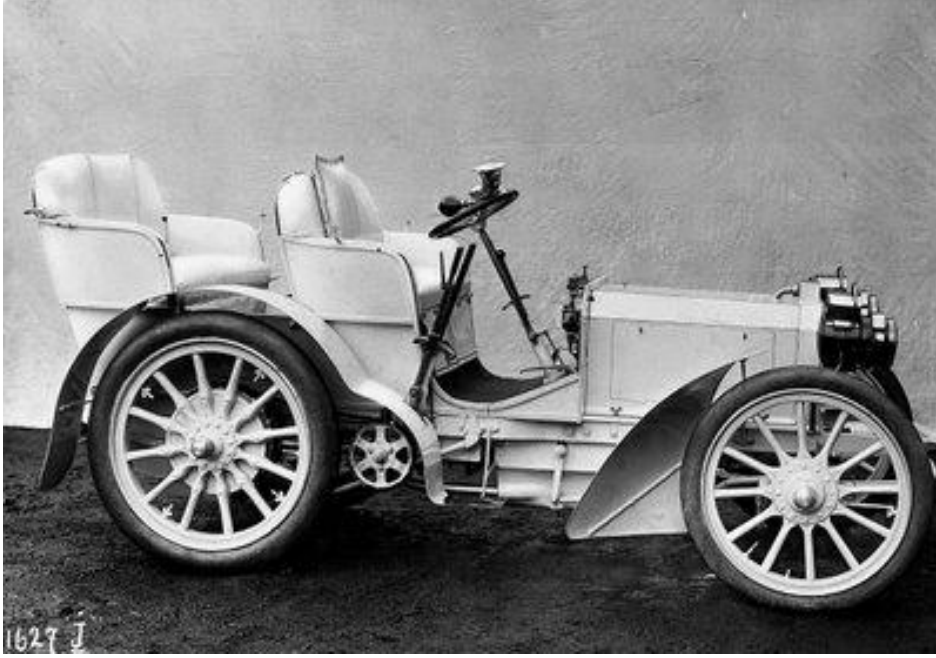
geliştirdi. Ancak motor verimliliğine oranla çok hantal olduğu için 20 yıl boyunca otomobillerde kullanılmadı (Ana Britannica 1990).

19. yüzyılın son zamanlarına dek otomobiller çoğunlukla at arabası firmalarıyla ortak üretildiğinden tasarımları da at arabası formunun dışına çıkmadı. Bunun nedeni, karoseri⁽¹⁴⁾ üretimi için mevcut işgücü ve bilgi birikiminin kullanılmak istenmesi olarak gösterilebilir. Atsız araba denilmesinin nedeni bu yapısal benzerliktir. Buhar motorlu araçlarda motor çoğunlukla arka bölümde, içten yanmalı motorlarda ise n bölümde bulunmaktaydı. Elektrikli deneysel araçlarda da genel görünüm üç tekerlekli olmalarının dışında farklı değildi. Motorlar çok fazla yer kapadıkları için araçların n bölümleri uzatılmış durumdaydı. Tekerlekler ise daha sağlam oldukları için top arabalarından kopya edilmekteydi. İlk otomobillerin sürüş biçimleri de farklılıklar barındırıyordu. Bazı firmalar direksiyon simidi kullanırken diğer firmalar dmen ya da bisiklet gidonu kullanmaktaydı. (Corbett 1999; Gifford 2003). 1830’lu yıllardan 19. yüzyılın sonuna kadar olan dönemde otomobil üretimleri genel olarak farklı enerji kaynaklarının kullanıldığı deneysel araçlardı, denilebilir.

Pratik anlamda kullanılabilir olan ilk otomobil, Otto’nun içten yanmalı motorunu geliştiren Alman Karl Benz tarafından 1886 yılında üretilmiştir. Benz ayrıca ilk otomobil satışını gerçekleştirerek otomobilin sanayileşmesinin nn açmıştır. Benz ile hemen hemen aynı zamanlarda ve bağımsız olarak içten yanmalı motorun performansını önemli lde geliştiren mühendis ve mucit olan Gottlieb Daimler de 1892’de otomobil üretilip satmaya başlamıştır. Daimler, otomobil tarihinin ilk 50 yılı boyunca egemen olacak olan gövde ve yerleşim tasarımını yapmıştır. 1901 yılında üretilen Mercedes isimli bu otomobil (bkz. Şekil 3.3.). Avrupa ve ABD’de birçok üretici için otomobillerin şasi⁽¹⁵⁾ ve gövde tasarımlarına standart model oluşturmuştur.

⁽¹⁴⁾ Kaporta olarak da bilinir, motorlu taşıtların yolcu alanı, sürücü alanı ve yk alanı gibi bölümlerini örten dış yapısıdır (Büyük Larousse 1992 sf6450).

⁽¹⁵⁾ Şasi, aracın motorunu ve motor organlarını, tekerleklerini ve karoserisini taşıyan yapıdır (Büyük Larousse 1992 sf11017).



Şekil 3.3. 1901 yılında üretilen Daimler Mercedes (http 22).

Daimler'in motor üretim lisansını alan Fransız Emile Levassor da araç motorunu önce koltukların altına, ardından da daha uygun olan ön bölüme yerleştirmiştir. 1891 yılına ürettiği araçtaki motor bölümün bu yerleşimi de ileri dönemde araçlarda geleneksel hale geldi. (Anonim 1997; Corbett 1999).

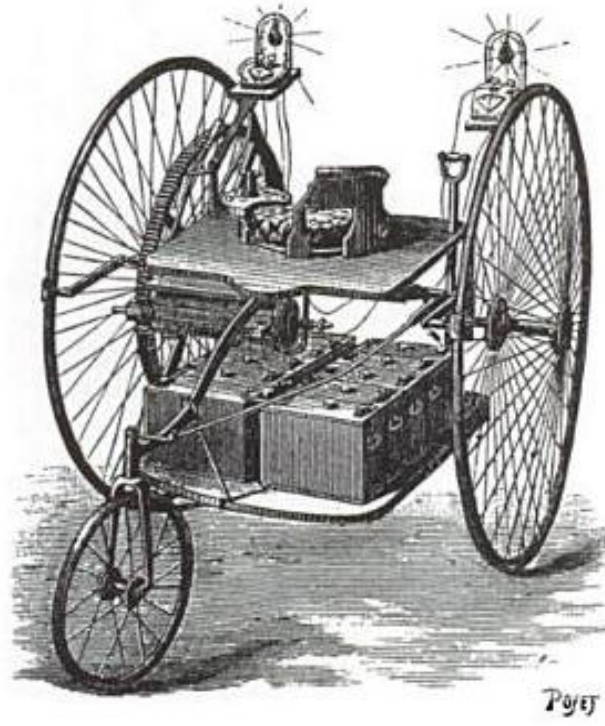
1880 ile 1900 yılları arasındaki dönemde elektrikli araçlar bugün bile görülmeyen bir gelişme göstermişlerdir. 1859 yılında Fransız kimyager Gaston Plante ilk akümülatörü geliştirerek bugün de kullanılan elektrik depolama modelini oluşturmuştur. Bu akümülatörlerle çalışan ve insan taşıyabilen elektrikli ilk araç, Fransız Gustave Trouvé tarafından 1881 yılında yapılmıştır. Bu aracı örnek alan William Edward Ayrton ve John Perry, İngiltere'deki laboratuvarlarında güçlendirilmiş ve geliştirilmiş bir elektrikli araç yapmışlardır (bkz. Şekil 3.4.). Bu aracın en yüksek hızı saatte 14 km. ve menzili 30-50 km. kadardı. 1893 yılı ve sonrasında kiralık otomobil sağlayan firmalar ortaya çıkmış, elektrikli araçlarla hizmet vermeye başlamışlardır. Newyork, Londra ve Paris gibi şehirlerde bu taksiler geniş bir kullanıcı kitlesi edinmişlerdir. 1903 yılında Newyork'ta kayıtlı olan yaklaşık 4000 aracın %53'ü buharlı, %27'si benzinli (içten yanmalı) ve

%20'si elektrikli otomobillerden oluşmaktaydı. Araçlarda elektrik, kimyasal depolama birimleriyle tutulmaktaydı. Benzin istasyonlarının elektrik satılan alternatifleri bu süreçte ortaya çıkmaya başladı. 1900'de Newyork'ta jetonlu elektrik dolum noktaları kuruldu. Elektrikle çalışan araçların enerjilerinin benzinli araçlara göre çabuk bitmesi bu dolum noktalarının önemini ve yeni arayışları artırdı. Hemen hemen kesin olarak bilinen ilk çift yakıtlı çalışan (hibrit) araç, 1897 yılında A.B.D Electric Storage Battery Company firmasında şef mühendis olarak çalışan Justus B. Entz tarafından geliştirilmiştir (bkz. Şekil 3.5.). Ünlü otomobil tasarımcısı ve geliştiricisi Ferdinand Porsche de 1900 yılında erken dönem hibrit otomobilin ilk örneklerinden birini geliştirmiştir. 1900-1912 yılları arasında Belçika, Fransa, Almanya ve A.B.D.'de hibrit araç üreten firmalar kurulmaya başlamıştır (Anderson ve Anderson 2004; Wakefield 1998).

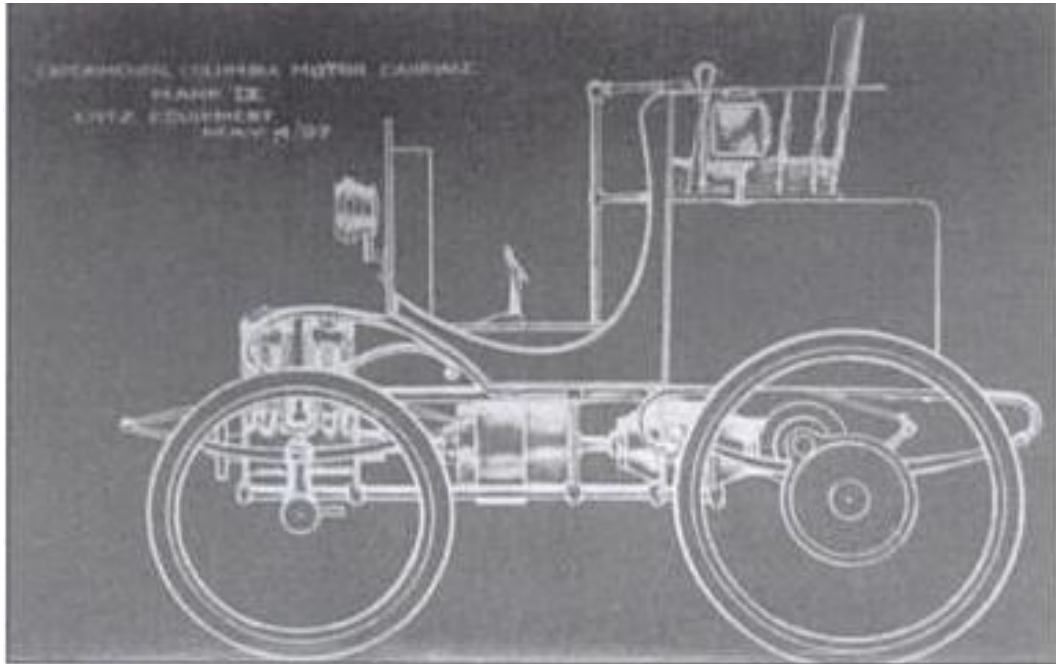
İlk örnekleri tek veya iki kişilik olan hibrit araçlar, zamanla dört kişi taşıyabilecek kadar gelişmişlerdir. 1900'lerde yaygınlaşmaya başlayan hibrit araç üreticileri kullanıcılara “şehirde gürültüsüz sürüş, şehir dışında uzun menzil” vaat etmekteydiler (Høyer 2007).

Thomas Alva Edison'un 1901 yılında otomobillerde kullanmak üzere nikel demir pilleri geliştirmesiyle çok daha fazla miktarlarda elektrik depolanabilir hale gelmiştir. Bu pillerin akümülatöre göre hafif olması da önemli bir getiri olmuştur. Ancak üretim maliyetinin yüksekliği, kullanıldığı otomobillerin fiyatlarına da yansımıştır (Westbrook 2001).

Bu dönemde üretilen elektrikli ve hibrit araçların, yalnızca benzinle çalışan araçlara göre önemli bir üstünlükleri vardı. Araca hareket veren elektrik motorları yokuş aşağı yollarda akümülatörleri şarj edebiliyorlardı. Ayrıca bu araçlar isteğe bağlı olarak benzin veya elektrik motorlarından herhangi birini tek başına veya ikisini birlikte kullanabilmekteydiler. Ancak fiyatları bir benzinli araçtan çok daha yüksekti (Wakefield 1998).



Şekil 3.4. Ayrton ve Perry'nin yaptıkları elektrikli araç (Wakefield 1998).



Şekil 3.5 Entz'in yapmış olduğu petrol ve elektrikle çalışabilen hibrit aracın teknik çizimlerinden birisi (Wakefield 1998).

1900'ü yıllardan başlayarak benzinli otomobiller diğer yakıtlarla çalışan modellerden hız ve verimlilik olarak üstün gelmeye başladılar. O zamana dek petrol yakıtıyla çalışan araçlardan daha hızlı olan elektrikli araçları, benzinli araçlar ilk kez geçmeye başladı (McShane 1997).

3.2.3. Seri üretim dönemi

Otomobil 1900'ü yıllara değin toplumların zengin kesimi tarafından kullanılmıştı. Atlı olduğu dönemlerde de bir sınıfsal statü sembolü olan arabalar, özitmeli harekete kavuşturulduktan sonra da ana işlevlerinin yanı sıra sembol olarak kullanılmaya devam ettiler. Ancak eskiden farklı kalitelere de olsa toplumun birçok katmanı tarafından sahip olunabilen arabalar, atsız olmaya başladıktan sonra yalnızca zenginlerin sahip olabildiği saygınlık objelerine dönüştüler. Bu dönemde araç sahibi olmak isteyenlerin sipariş vermesiyle üretim yapılmaktaydı. Otomobiller tamamen el yapımı oldukları için çok yüksek maliyet ile üretiliyordu. Otomobilleri zenginlerin bir çeşit oyuncağı olmaktan çıkaran gelişme, A.B.D.'li Henry Ford'un seri üretimle otomobil üretmeye başlaması oldu. Bir buhar makinesi eğitmeni olan Ford, Daimler'in içten yanmalı motorunu inceledikten sonra bu motor tipi üzerinde çalışmaya başladı. 1903 yılında "Ford Motor Company" şirketini kurarak otomobil üretimini kurumsallaştırdı. Satışlardan elde ettiği gelire 1908 yılında bir montaj hattı oluşturarak "Model T" adını verdiği otomobili toplu olarak üretmeye başladı (bkz. şekil 3.6.).

Toplu üretimin en büyük etkisi otomobil fiyatlarında görüldü. Artık otomobilleri üreten işçiler de ürettikleri otomobili satın alabilir duruma geldiler. Montaj hattının bir diğer büyük getirisi de otomobil parçalarının standardizasyonu oldu. Böylelikle otomobil tamiri yedek parçayla kolayca yapılabilir hale geldi (Graedel ve Allenby 1998). Toplu üretim ayrıca şasi tasarımının da sabitlenmesini sağlayarak bugünkü modelin temelini oluşturdu (Anonim 1997). Fiyat düşüşü ve otomobil kullanımının yaygınlaşmasını sağlayan toplu üretimden sonraki ikinci

neden A.B.D.’nin Teksas eyaletinden başlayarak özellikle Ortadoğu’daki büyük petrol rezervlerinin keşfi olmuştur.

Bu gelişmelerden sonra araçların ve yakıtların fiyatları çok büyük bir düşüş yaşayarak otomobilin ulaşım alanındaki üstünlüğünü kurmasını sağladı. 1915 yılında otomobiller sayıca at arabalarını geçmiş durumdaydı (Graedel ve Allenby 1998).

Buharlı araçlar bir şoför⁽¹⁶⁾ aracılığıyla çalıştırılıp sürülmekteydi. İçten yanmalı motorların işlemeye başlayabilmesi için şoförler marş kolunu⁽¹⁷⁾ çevirmekteydiler. Bu zor durum otomotiv endüstrisinin ileri gelen mühendislerinden olan Henry Lenand’ın 1912 yılında elektrikli marş sistemini



Şekil 3.6. Ford tarafından seri üretimi yapılan ilk otomobil: 1908 yapımı “Model T” (http 23).

⁽¹⁶⁾ Bugün otomobilleri kullanma işini yürüten kişiler bu ismi taşımaktadırlar. Ancak kelimenin kökeni farklı bir görevi tanımlamaktadır. Fransızca (chauffer) asıllı olan bu sözcük, ısıtmak anlamına gelmektedir ve ilk olarak buharlı araçları çalıştıran görevliler için kullanılmıştır. Burada ısıtmak ile anlatılmak istenen, buhar kazanlarının yakılarak ısıtılması olayıdır. (Corbett 2001).

⁽¹⁷⁾ Marş kolu, içten yanmalı motorların ilk örneklerinde motora çalışabilmesi için gereken tetikleyici hareketin verilmesi için kullanılmaktaydı (Büyük Larousse 1992).

bulması ve ardından Cadillac firması'nın bu sistemi otomobillerinde kullanmaya başlamasıyla kalıcı olarak son bulmuş oldu. Bu gelişme ayrıca benzinli otomobillerin en büyük dezavantajını ortadan kaldırarak elektrikli araçlardan daha popüler olmalarını sağladı. 1. Dünya savaşı başlamadan önce otomobil tasarımının bugün de uyulan temel ilkeleri, kuralları ve özellikleri geliştirilmiş bulunmaktaydı (Barker 1970; Şenyapılı 2005).

3.2.4. Birinci Dünya Savaşı

Otomobil gelişimi 1. Dünya Savaşı'yla birlikte farklı alanlara kaydı. Savaşın gereksinimlerini karşılanabilmesi için kamyon, tank ve zırhlı araçlar üretilmeye başlandı. Sürücü ve yolcu bölümlerinin tamamen kapalı olduğu, motorun ön bölüme yerleştirildiği ilk otomobil tasarımı 1903 yılında Duryea firması tarafından yapılmıştır. 1914 yılında Josef Ledwinka, Duryea otomobil motor ve yerleşim planına yakın tamamı çelikten oluşan ilk birleşik (monokok) otomobil gövdesinin patentini aldı. Edward Budd ile birlikte bu modeli aynı yıl Dodge marka otomobillerin üretiminde kullandılar. Aynı firma 1919 yılında 4 kapılı kapalı otomobil modelini üretmeye başladı. Pratik anlamda otomobil gövdesini ve karoserinin bindirileceği iskeleti birleşik üreten ilk kişi 1922'de ürettiği Lambda adlı modeliyle Vincenzo Lancia'dır. Bu model o zamanki rakiplerinden 10 kat daha sağlam bir gövde ve şasiye sahipti (bkz. Şekil 3.7.). 1922'de Almanya'da dizel motorları ilk kez otomobillerde kullanılmaya başladı (Anonim 1997; Ana Britannica 1990).

Otomobil için estetik ve tasarımla ilgili kıstaslar 1925'de Chrysler ve 1927'de fabrikasına sanat ve renk bölümü kuran General Motors (GM) tarafından ortaya konulmuştur. Üretilen otomobillerin kullanıcılara güzel görünmesi ve özgün bir karakteristik yapıya sahip olması, mekanik iyileştirme amaçlarıyla birlikte ele alınmaya başladı. Tasarımcıların başlıca amaçlarını otomobilin genel hatlarını yumuşatmak ve mükemmelleştirmek oluşturmaktaydı.

Otomobilleri, mühendislerin biçimlemiş oldukları mekanik formdan ve keskin birleşme çizgilerinden kurtarmak istiyorlardı (Anonim 1997).

Harley Earl, otomobil tasarım anlayışına çok büyük katkıları olan bir mühendis ve tasarımcıdır. GM'nin sanat ve renk bölümünün başına geçerek otomobillerin estetik iyileştirmelerini yapmaya başlamıştır.

Verimliliği artan benzin motorları otomobillerin de yüksek hızlara çıkmasını olanaklı kılmaya başlamıştı. Hızın artması için gerekli bir etken de artan hava akımına aracın gövdesinin mümkün olduğunca az direnç göstermesiydi. Bu aerodinamik⁽¹⁸⁾ ilke temel alınarak araçların gövdeleri uçaklarda da olduğu gibi hava akımının geçişine uyumlu hale getirilmeye çalışıldı. Streamline⁽¹⁹⁾ akımı böylece ortaya çıkmış oldu. Bu akım, özellikle 1930-1940'lı yıllarda üretilen tüm araçlarda etkili olmuştur (Şenyapılı 2005).



Şekil 3.7. 1922 Lancia Lambda'nın bütünleşik iskelet yapısı (http 24).

⁽¹⁸⁾ Havanın ve gaz halindeki akışkanların hareketini ve bu akışkanların içinden geçen cisimlere etki eden kuvvetleri konu alan fizik dalına aerodinamik denmektedir (Ana Britannica 1990).

⁽¹⁹⁾ Hava (deniz taşıtları için su) akımının hız kesmesini en aza indirgeyen yapıdaki araç tasarımlarının hepsi "streamlined (akan, sürekli çizgi)" olarak nitelenmiştir (Şenyapılı 2005).

Streamlining akımının doğuşu endüstriyel tasarımın öncüleri olarak kabul edilen Walter Dorwin Teague, Raymond Loewy, Norman Bel Geddes ve Henry Dreyfuss gibi endüstriyel tasarımcıların ön plana çıkmalarıyla aynı döneme rastlar. 20. yüzyılın başlarına kadar tasarlanan ürünlerde görünüme çok az bir dikkat verilirken, asıl ilgi mekanik yapıya ve işleyişe gösterilmekteydi. Bu durum 1920'lerde “profesyonel endüstriyel tasarımcı” kimliğinin doğmasıyla değişmiştir. Otomobiller işlevsel yeteneklerini endüstriyel tasarımcılar sayesinde kullanıcılara “anlatabilmeye” başlamışlardır (Hanks ve Hoy 2005).

1929 yılında A.B.D’de ortaya çıkıp tüm dünyayı etkileyen ekonomik kriz (Büyük Buhan), otomobil endüstrisinin de yönelimlerini etkilemiştir. Bu çalkantının etkisiyle küçük çaplı birçok otomobil üreticisi ya iflas etmiş ya da daha büyük şirketler tarafından satın alınmıştır. Bu dönemi izleyen on yıl içinde, buharlı ve elektrikli araç üreten son otomobil üreticileri de iflas etmişlerdir.

Büyük Buhan'ın ve seri üretimin etkisiyle birlikte arz-talep dengesinin yeniden oluşturulmaya çalışıldığı bu dönemde otomobil satışı için endüstriyel tasarımın önemi fark edilmiş ve satışın artırılması için reklamcılıkla birlikte en büyük silah olarak kullanılmaya başlamıştır.

1930’ların başında çelik üretimi ve preslemesindeki gelişmeler, endüstriyel tasarımcıların istedikleri formların üretilmesine olanak sağlamıştır. Bu dönemde otomobillerin öncede büyük oranda gelenekselleşmiş konumlara sahip şasi, motor ve motor organlarına ek olarak yolcu ve sürücü bölgeleri, ön konsol gibi temel bileşenlerinin konumları da standart hale gelmiştir (Anonim 1997).

Endüstriyel tasarımcıların bu dönemdeki ana amacı, formları sadeleştirip uyumlu hale getirerek ve iç mekanik bileşenleri bu formlarla saklayarak, otomobillere kullanma kolaylığı sağlamak olmuştur. Otomobil geniş kitlelere daha kolay bir şekilde yayılmış, otomobil kullanabilme eylemi daha kolay uygulanabilir hale gelmiştir.

Harley Earl ile aynı zamanlarda ve bağımsız olarak John Tjaarda da aerodinamik gövdeler üzerinde çalışmaya başlamıştır. Bu çalışmalar ileride

Alman Volkswagen Type 1 (Beetle) (bkz. Şekil 3.8.) ve Çekoslovak Tatra 77 (bkz. Şekil 3.9.) gibi simgeleşmiş tasarımların ortaya çıkmasına öncülük etmiştir.



Şekil 3.8. 1938 üretimi Volkswagen Beetle (<http> 26).



Şekil 3.9. 1934 üretimi Tatra 77 (<http> 25).

Avrupa'da da artmaya başlayan otomobil talebi, zamanın Alman Nazi Partisi tarafından değerlendirilerek 1934 yılında bir program üretmelerini sağlamıştır. Herkese bir otomobil vaadi gereği, Dr. Ferdinand Porsche diğer mühendisleri ucuz, az yakıt kullanan ve sağlam bir araç yapmaları konusunda görevlendirir. Programın ürünü olan otomobil 1936'da ilk prototipi üretilen Volkswagen Beetle'dır.

Oto aerodinamiği alanında deneysel çalışmalar Alman mühendisleri tarafından 1932 yılında başlamıştır. Aerodinamik etkileri hava tüneline gözlemlenip şekillendirilerek üretilen ilk otomobil 1934 yapımı Chrysler Airflow'dur (bkz. Şekil 3.10).

Otomobilin yol tutuşu, motorunun üçte biri ön tekerlek akslarına bindirilerek artırılmıştır. Farları da gövdeyle bütünleşik yapılarak bugünkü modellere örnek olmuştur. Ancak araç, halktan beklenen ilgiyi görememiştir. 1935 yılında ortalama 1000 kişiden A.B.D'de 205, Fransa'da 49, İngiltere'de 45, Almanya'da 16 ve S.S.C.B.'de 1 kişi otomobil sahibi olmuş durumdadır. (McShane 1997).



Şekil 3.10. 1934 üretimi Chrysler Airflow (<http> 27).

3.2.5. İkinci Dünya Savaşı

1939 yılında Almanya'nın Polonya'yı mekanize birliklerle hızlı bir şekilde ele geçirmesi kara ulaşım araçlarının savaşta öneminin anlaşılmasına sebep olmuştur. Otomobil fabrikaları yine sivil ulaşım araçlarından tank, askeri zırhlı araçlar ve kamyon üretimine yönelmiştir. 1940 yılında mühendis Karl Pabst ordu kullanımı için Jeep adı verilen 4 tekerlekli bir askeri arazi aracı tasarlamıştır. Dr. Ferdinand Porsche ise 1942'de zamanının en sağlam ve gelişmiş taşıtı olan Tiger model tankı tasarlamıştır. Savaş gereksinimleri otomobil fabrikalarının üretim kapasitelerini zorlayarak anormal miktarlarda artırmalarına yol açmıştır. 1945 yılında A.B.D'deki toplam taşıt üretimi 2.600.000 kamyon, 126.000 zırhlı araç, 49.000 tankla toplam dünya üretiminde başı çekmiştir. İngiltere 301.000 ve Almanya 102.000 araçlık üretim yapmışlardır (McShane 1997).

Savaşın olağanüstü koşulları motor teknolojilerinin de gelişmesini sağlamıştır. Pistonlu motorların gelişiminin yanı sıra yeni bir motor türü, jet motorlar bulunmuş ve füzelerde kullanılmıştır. Ancak savaş sonrası döneme girildiğinde bu motorların sivil kullanım için uygun olmayacağı görülmüş, önce süper şarjlı motorlar, ardından da turbo şarjlı motorlar geliştirilmiştir⁽²⁰⁾. Turbo şarjlı motorlar, 1980'lere değin araçlarda kullanılmamıştır (Anonim 1997).

3.2.6. Bolluk dönemi

2. Dünya Savaşı'nın ardından araçlarda kullanılan dizel motorlar yaygınlaşmaya başlamıştır. Petrolün rafine edilmesi sonucunda ortaya çıkan görece ham yakıtların da kullanılması böylelikle daha olanaklı hale gelmiştir (Ana Britannica 1990). Yine bu dönemde Ortadoğu'da yeni petrol rezervlerinin bulunması ve Sovyetler Birliği'nin Trans-Ural boru hattını devreye sokması,

⁽²⁰⁾ Süper ve turbo şarjlı motorlar, motora giren hava debisini artırarak motordan daha fazla güç alınmasını sağlayan bileşenlere sahiptirler (<http> 28).

petrol fiyatlarında büyük bir düşüşe neden olmuştur. Petrol fiyatlarındaki düşüş, otomobil üretim miktarına ve tasarımlarına büyük etkide bulunmuştur. Büyük petrol şirketleri bu süreçte özellikle Ortadoğu ve Latin Amerika'dan petrol sağlamaya başlamışlardır.

Motorların güçlerinin artırılması, otomobillerin şasi ve gövde tasarımlarında değişikliklere gidilmesini mümkün kılmaya başlamıştır. A.B.D, Avrupa ve sonradan otomobil ihraç etmeye başlayacak olan Japonya'da araçların sağlamlıklarının sağlayıcısı yapı şasi olmaktan çıkıp gövde olmaya başlamıştır (Anonim 1997). A.B.D'de hızla gelişen sanayi, topluma bir bolluk dönemi getirmiştir. Bu bolluk dönemini yansımaları o döneme ait otomobil tasarımlarında görülmektedir. Araçlar, hız özelliğini vurgulamak için arka bölümleri roket biçimli yapılmaya başlamıştır. Motorlarla birlikte iç hacim de artırılmıştır. Bu anlayışla tasarlanan ilk otomobil, 1949 model Cadillac'tır (McShane 1997; Yılmaz 2004).

Savaştan yenik çıkan Japonya'da elektrikli otomobil de üretilmekteydi. Ülkede popüler hale gelen elektrikli araç üreticisi Tama Electric şirketi, 150 km. menzilli ve saatte 60 km. hız yapabilen elektrikli araçlar üretmekteydi. Powercar isimli bu araçlar, elektrikli araçlarda o zamana kadar görülen en ileri performans özelliklerine sahipti (bkz. Şekil 3.11.). Ne var ki bu firma ucuz petrolün 1952'de Japonya'ya girmesiyle üretimini içten yanmalı otomobillere kaydırarak elektrikli araç üretimini bitirmiştir (Høyer 2007).

Savaş sırasında gelişen malzeme biliminin bir ürünü olan fiberglas (ilk ismi GRP - glass reinforced plastic) 1944 yılında Henry Kaiser tarafından otomobil gövdesi imalatında kullanılmaya çalışıldı. Deneyle başarılı bulunduktan sonra Chevrolet firması 1953 yılında gövdesi fiberglastan yapılmış spor Motorama (Dream Car) isimindeki aracı üretmiştir (Anonim 1997).

Sürüş güvenliği için planlı tasarım çalışmaları 1956 yılında Ford tarafından yapılmaya başlanmıştır. "Life Guard Design" (Hayat Koruyucu



Şekil 3.11: 1947’de Japonya’da üretilen Tama Electric Powercar (http 29).

Tasarım) adlı bu değişikliklerle otomobil içinde kullanıcının sürekli etkileşimde bulunduğu direksiyon simidi, ön paneller, kapı kulpları ve emniyet kemerleri gibi parçaların kaza anında verdikleri zararın azaltılması yönünde tasarımlar yapılmıştır (Yılmaz 2004).

3.2.7. Modern çevreciliğin doğuşu

Rachel Carson isimli bir zoolog, 1962 yılında yayımladığı “Silent Spring” (Sessiz Bahar) isimli kitabıyla kısa sürede toplumda çevre sorunları konusunda bilinçlenme oluşmasını sağlamıştır. Carson’un çabaları modern çevrecilik hareketinin başlangıcı olarak kabul edilmektedir⁽²¹⁾.

⁽²¹⁾ İngiltere hükümetine bağlı çevre örgütünün bir grup uzmanla birlikte yaptığı bir değerlendirme sonucu Carson, dünyada çevreci harekete en büyük etkiyi yapan kişi olarak gösterilmiştir (http 30).

Carson ilk olarak tarım ilaçlarının canlılar üzerindeki etkilerini araştırmış, sonra canlılar üzerindeki diğer etkileri araştırarak hava kirliliği üzerinde durmuştur. Çevresel sorunların belli büyük kirletici odaklar tarafından yaratıldığı ve çözümün de bu odaklar yoluyla sağlanacağı düşünülmektedir. İçten yanmalı motorlu araçlar bu odakların başında gelmekteydi. Çözüm olarak da gaz salınımı olmayan elektrikli araçlar yeniden gündeme getirildi. Bu süreçte, dünya sanayisinde önemli bir paya sahip olmuş olan büyük otomobil şirketleri ilk kez elektrikli araçlara ilgi göstermeye başlamışlardır. British Ford Motor Company şirketi 1966 yılında şehir içinde kullanılmak üzere üretilebilecek bir elektrikli aracın şu özelliklere sahip olması gerektiğini belirlemiştir:

- Yolda ve park halinde mümkün olan en küçük alanı kaplamalıdır.
- Yüksek manevra kabiliyeti olmalıdır.
- En düşük kirlilik üretme oranına sahip olmalıdır.
- Aracın kontrolü basit olmalıdır.
- Üretim ve kullanım maliyetleri düşük olmalıdır.

Bu amaçlar doğrultusunda yapılan çalışmalar sonucunda 1967 yılında Comuta adlı elektrikli araç prototipi üretilmiştir (bkz. Şekil 3.12.). 60 km. menzilli bu araç saatte ortalama 40, en fazla 60 km. hız yapmaktaydı. Isıtma sisteminin zayıflığı aracı kış koşullarında kullanılamaz hale getirmekteydi. Bu olumsuz şartlar aracın toplu üretilmesi planından vazgeçilmesine neden oldu. Geçmiş yıllarda üretilmiş örneklerin hız ve menzilleri göz önüne alındığında bu örnek büyük bir ilerleme olarak görülmemektedir. Endüstriyel tasarım departmanlarının özellikle bu dönemde pazarlama departmanlarıyla olan ilişkilerini artmaya başlamıştır. Endüstriyel tasarımdan daha çok satışa artırıcı bir yönde katkı sunması beklenmeye başlanmıştır.

GM firması elektrikli araç yapımı araştırmalarına başlamış, 1966 yılında Electrovaır ve Electrovan adlı iki prototip araç geliştirmiştir (bkz. Şekil 3.13.). Firma, kendisine ait olan Opel Kadett marka aracı elektrikle çalışacak Şekilde dnştrmştir. Araç, saatte 200 km. hıza ulaşarak başarılı bir gelişme yaratmışsa da bu çalışma deneme aşamasından öteye gidememiştir (Hyer 2007).



Şekil 3.12. 1967 yapımı Ford Comuta ([http 31](http://31)).



Şekil 3.13. 1966 yapımı GM Electrovaır (solda) ve Electrovan (sağda) ([http 32](http://32); [http 33](http://33)).

3.2.8. Petrol krizi

1973 yılında başlayan petrol krizi, otomobillerin motor ve gövde tasarımlarında bir kırılma noktası olarak kabul edilebilir. 1900 yılından başlayarak her 10 yılda iki katına çıkan kullanım oranıyla hızla artan petrol, ekonomik ve siyasi alanda önemli bir konuma gelmeye başlamıştır. Sovyetler Birliği'nin 1950'lerin sonunda ucuz petrol sağlamaya başlamasıyla birlikte Sovyetler Birliği ile OPEC ülkeleri rekabete girerek petrolün varil fiyatlarını ucuzlatmışlardır. Bu durum, Suriye ve Mısır'ın İsrail'e savaş ilan etmesiyle bozulmuştur. İsrail'in işgal edilmesi taraftarı ve OPEC üyesi olan Arap ülkeleri, en büyük müşterileri olan A.B.D.'nin İsrail'e lojistik destek sağlamasının önüne geçmek için petrol üretimini kısıtlayıp fiyatlarını artırma yoluna gitmişlerdir (Nersesian 2007).

1960'ların sonuyla 1970'lerde artan hava kirliliğiyle baş gösteren petrol krizi hem zararlı gaz salınımı az hem de düşük hacimli motorlar yapılmasını gerekli hale getirmiştir. Yeniden ele alınarak küçülen, demir yerine alüminyumdan üretilmeye başlanan motorlar ve organları, üzerine oturdukları şasinin de küçülmesini beraberinde getirmiş, otomobil gövdeleri de bu nedenlerle daha basitleşerek hafiflemiştir (Anonim 1997).

Yakıt kullanımı alanında yaşanan önemli bir gelişme, Brezilya hükümetinin 1973 yılında, çoğunlukla şekerkamışından elde edilen etanol üretimini destekleme kararı almasıdır. Bu politikanın istikrarlı uygulanması sonucu Brezilya yakıt gereksiniminin büyük bölümünü etanoldan karşılamaya başlamış, Fiat firması da 1981 yılında etanol kullanarak çalışan otomobil üretmeye başlamıştır (McShane 1997).

Bu dönemde otomobillerin iç tasarımlarında da ufak çaplı değişikliklere gidilmiştir. Amerikan otomobillerinde sıkça kullanılan birleşik ön koltuklar ayrılmıştır. Malzeme biliminin ilerlemesinin bir sonucu olarak karoseriler daha sağlam yapılmaya başlamıştır. Otomobillerin genel tasarımları bolluk dönemini yansıtan abartı eğrilerden arındırılarak sadeleşmiştir, denilebilir (Graedel ve Allenby 1998).

Hava kirliliğini azaltma yönünde ciddi bir girişim, ilki 1959 yılında uygulanmaya başlanan kanuni düzenlemelerdir. A.B.D’de 1971, 1974 ve 1976 yıllarında yapılan kanuni düzenlemelerle benzindeki sülfat, fosfor ve ozon tabakasına zararlı diğer bazı bileşiklerin yoğunluğunu azaltma zorunluluğu getirilmiştir (Anonim 1997).

Kriz sürecinde özellikle petrol bağımlılığını azaltmak için çaba sarf eden A.B.D Enerji Bakanlığı, 1976 yılında “Electric and Hybrid Vehicle Program” (Elektrikli ve Hibrit Araç Programı) adlı programı başlatmıştır. Programın amacı, elektrik ya da hibrit bir taşıtı kamu kullanımına sunabilecek şekilde üreterek petrol bağımlılığını azaltmak olarak tanımlanmıştır. 1970’lerde en çok başarı sağlayabilen elektrikli araç, 1974 yapımı Serbring-Vanguard firması tarafından üretilen Citicar adlı araçtır (bkz. Şekil 3.14.). 1976 yılında üretimi sonlandırılana kadar 2153 adet satmıştır. GM, 1978 yılında Electrovette adlı bir elektrikli araç üretmiştir. Ne var ki bu araç, ağır hızlanması, 80 km. menzili ve saatte yaklaşık 80 km.lik hızıyla başarılı olamamıştır.



Şekil 3.14. 1974 yapımı Serbring-Vanguard Citicar ([http 34](http://34)).

Bu dönemde her ne kadar elektrikli araç üretim satışlarında hareketlilik yaşansa da bu durum devam edememiştir. A.B.D. hükümetinin programını 1980'lerde de devam etmesini istemesine rağmen, kullanıcılar petrol krizinin sona ermesiyle birlikte yavaş olan elektrikli araçlar yerine benzinli ve dizel araçlara yönelmeye başlamıştır (D'Agostino 1993).

Japonya markaları otomobili ve motorunu küçülterek farklı ve başarılı bir otomobil profili sunmaya başlamıştır. Japon otomobil sanayisi 1970'lerin sonunda büyümeye başlamıştır. Bu büyümeyle 1980'de Amerikan otomobil üretimini geçerek liderliğe yükselmiştir. Kullanıcıların bu küçük ve az yakıt harcayan otomobillere olan talebi Amerikan şirketlerini de bu akıma uymaya zorlamıştır. Ford 1980'de Alman tasarımı ve Japon yapımı motora sahip Escort modelini satışa sunmuştur. Otomobil genel dünya pazarı için üretilmiştir ve bu model 1982 yılında dünyanın en çok satılan otomobili olmuştur (bkz. Şekil 3.15.).

1982 yılında üretilen küçültülmüş motorların karbon monoksit salınımı 1960 yılındaki salınımın % 40 kadarı olmuştur. Yine 1982'den başlayarak büyük Amerikan firmaları yakıt tasarrufunu artırmak için elektronik kontrol sistemleri kullanmaya başlamışlardır. Ancak bu yakıt tasarrufu uygulamalarının olumsuz sonuçları da olmuştur. Amerikan hükümetini 1982 yılında yenilenebilir enerji programını sonlandırdığını açıklamıştır. Bunun nedeni, yakıt kullanımı düşürülen araçların A.B.D.'nin petrol ithalatını azaltması olarak gösterilmektedir. Ancak bir yıl sonra A.B.D. Çevre Kirliliği Ajansı (Environmental Pollution Agency), çoğunluğu otomobillerden kaynaklı karbon dioksit gazı salınımının yol açtığı küresel ısınmanın (sera gazı etkisi) önemli bir artış gösterdiğini rapor etmiştir. (McShane 1997).

1980'li yıllar, otomobillerin sürüş güvenliği ve iç tasarım alanlarında ilerleme kaydettiği ve bugünün standartlarının temellerinin atıldığı yıllar olmuştur. Hava yastığı kullanımı yaygın hale gelmeye başlamış, araçların donanımlar ve donanım özellikleri kullanıcıların seçimlerine bağlı olarak değişebilir hale gelmiştir. 1973'de geliştirilen katalitik dönüştürücüler (katalitik konvertör), 1980'lerde standart hale gelmeye başlamışlardır. Katalitik dönüştürücüler, egzozdan çıkan zararlı gazların ikincil bir yanmayla daha az



Şekil 3.15. 1980 yılında üretimine başlanan Ford Escort (http 35).

zararlı gazlara dönüşmesini sağlayarak salınımın zararlı etkisini azaltırlar (Graedel ve Allenby 1998). Özellikle büyük otomobil üreticileri, 1980'lerin sonlarından başlayarak üretim sürecinde çevreye verilen zararı azaltma yönünde çalışmalar yapmışlar ve başarılı sonuçlar almışlardır (Orsato ve Wells 2006).

3.2.9. Küreselleşme ve etkileri

1980'lerin sonu ve 1990'ların başlarında içten yanmalı motorlar tamamen yeniden tasarlanmaya başlamışlardır. Sonuç olarak önceki motorlara göre aynı hacimde çok daha fazla güç üreten yeni nesil motorlar ortaya çıkmıştır. Ortalama motor hacmi ise 1974'den 1992 yılına kadar 1500 cm^3 düşüş göstermiştir (Graedel ve Allenby 1998).

1980'lerde büyük şehirlerde hava kirliliği büyük artış göstermeye ve gündeme gelmeye başlamıştır. Bu kirliliğin öngörülen sağlık ve çevre sorunlarına karşı atılan ilk resmi adım, A.B.D. Kaliforniya (California) eyaletinde otomobil üreticileri için bazı zorunluluklar getirilmesidir. 1991 yılında Kaliforniya Hava Kaynakları Koruma (California Air Resources Board, CARB) kurumu, otomobil üreticilerinin pazara sunduğu araçların 1998 yılına kadar %2, 2003 yılına kadar

%10 kadarının sıfır salımlı (zero emissions) olması zorunluluğunu getirmiştir. Firmalar bu tarihten sonra zorunlu olarak da olsa elektrikle çalışan araçlar üzerinde çalışmaya başlamışlardır (McShane 1997).

1990'lerde değişim otomobillerden daha çok, otomobil şirketlerinde ve otomobil pazarlamasında yaşanmıştır. Bu dönemde küçük şirketler büyüyen küresel şirketler tarafından satın alınmaya ve otomobil şirketleri ulusal şirketlerden küresel ölçekli şirketlere evrilmeye başlamışlardır. Küreselleşme hamleleri sonucu bu şirketler üretimi, satışın yapılması hedeflenen pazarlara yakın ülkelere kaydırmaya başlamışlardır. 1980'li yılların ortalarından başlayarak, otomobil şirketleri ürün kalitesini düşürmeden üretim maliyetinde azalma sağlayabilecek stratejiler geliştirmeye çalışmışlardır. Bu çalışmaların ilk sonucu olarak, General Motors firması “Üretim İçin Tasarım” (Design For Manufacturing, DFM) adlı bir üretim yöntemi geliştirmiştir. Bu yöntem ile üretilen sistemin toplam parça sayısında %46 ve üretim süresinde %44 azalma sağlanmıştır (Yılmaz 2004).

1990'lı ve 2000'li yıllar, büyük firmaların yaptıkları kavramsal elektrikli ve hibrit araç araştırmalarının en yüksek olduğu yıllar olmuştur. Araştırmalar özellikle elektrik pilleri ve yakıt hücreleri üzerinde yoğunlaşmış, birçok seminer ve konferanslar düzenlenmeye başlamıştır. Otomobil üretme deneyimi olmayan Norveç'te bile yıllık konferanslar düzenlenmiş, sonuç olarak “Think” adlı bir elektrikli araç firması kurulmuş ve üretime başlamıştır. Bu firma sonradan Ford tarafından satın alınmıştır.

Önemli bir diğer gelişme de General Motors'un satışa sunduğu EV1 adlı araçtır (bkz. Şekil 3.16.). Aracın bütün aksamaları elektrikli motor ve bileşenlerine göre tasarlanmıştır. Toplu üretime geçilerek satışına da başlanan bu araç, Kaliforniya'daki “sıfır salınım” zorunluluğunun ortadan kalkmasının ardından 2003 yılında üretimden çekilerek var olan modelleri kullanıcılardan geri alınmıştır.



Şekil 3.16. General Motors EV1 ([http 36](http://36)).

1990'larla birlikte gündeme yeniden gelen alternatif yakıt kullanan araç araştırmaları, bu araçların zayıf yönleri olan pil maliyeti ve kapasite azlığı, şarj zamanı, menzil kısalığı gibi konularda yoğunlaşmaktadır (Høyer 2007).

Otomobiller günümüzde de, bu bölüm boyunca bahsedilen gelişme yönünü devam ettirmektedir. Ortaya çıkmaya başlayan alternatif yakıt kullanan araçlar ile geleneksel yakıtları kullanan araçları sınıflandırarak incelemek, sağlıklı bir karşılaştırma yapabilmek için yerinde olacaktır.

4. OTOMOBİLLERİN KULLANILAN YAKIT TÜRLERİ TEMELİNDE SINIFLANDIRILMASI

Günümüzde otomobillerin neredeyse tamamı içten yanmalı motorlara sahiptir. Ancak alternatif motor ve yakıt sistemleri geliştirilmiş ve çeşitli itki modelleri de oluşturulmuş durumdadır. Otomobillerin tasarımlarına etki eden bu değişkenler, yakıt türlerine göre geleneksel sistemler ve alternatif sistemler başlıkları altında incelenmeye çalışılacaktır.

4.1.Geleneksel Sistemler

Önceki bölümlerden de anlaşılacağı gibi içten yanmalı motorun ana çalışma ilkesi ufak geliştirmeler dışında aynı kalmıştır. Motor, motorun yan bileşenleri, hareket sistemleri ve yakıt deposu, otomobilin şasisi üzerine bindirilmektedir (bkz. Şekil 4.1.).

Günümüzde iki ana öge olan şasi ve karoseri tek bir bütün olacak şekilde kaynaklanır, bunun sonucunda da sıradan arabanın en modern biçimi elde edilir. Bu modelin öğelerinin yerleşim biçimi, motorun ve bagajın yerlerinin değiştirildiği örnekler haricinde hemen her otomobilde aynıdır. Motor tipi, kullanılan yakıtlara bağlı olarak ufak değişimler göstermektedir. Ancak etanol, metanol, dizel yakıtlar ve benzin gibi sıvı yakıtların tümü içten yanmalı motorlarda yakılmaktadırlar (Büyük Larousse 1992).

Geleneksel sistemlerde bulunan bir diğer önemli öge, aktarma organlarıdır. Motorun ürettiği gücü tekerleklere aktarırlar. Vites kutusu kullanıcının tekerleklere iletilen gücün devrini, dolayısıyla otomobilin hızlanmasını kontrol etmelerini sağlar. İlk örnekleri bisiklet zincirlerine benzerken, günümüzün aktarma organları pek çok mekanik sistemden oluşmaktadır (Gifford 2003).



Şekil 4.1. Otomobilin mekanik bileşenlerini taşıyan şasi sistemi. Tekerlekler, aktarma organları, benzin deposu, motor ve organlarının tümü şasi üzerinde veya içinde konumlandırılmaktadır. (http 37).

4.2. Alternatif Sistemler

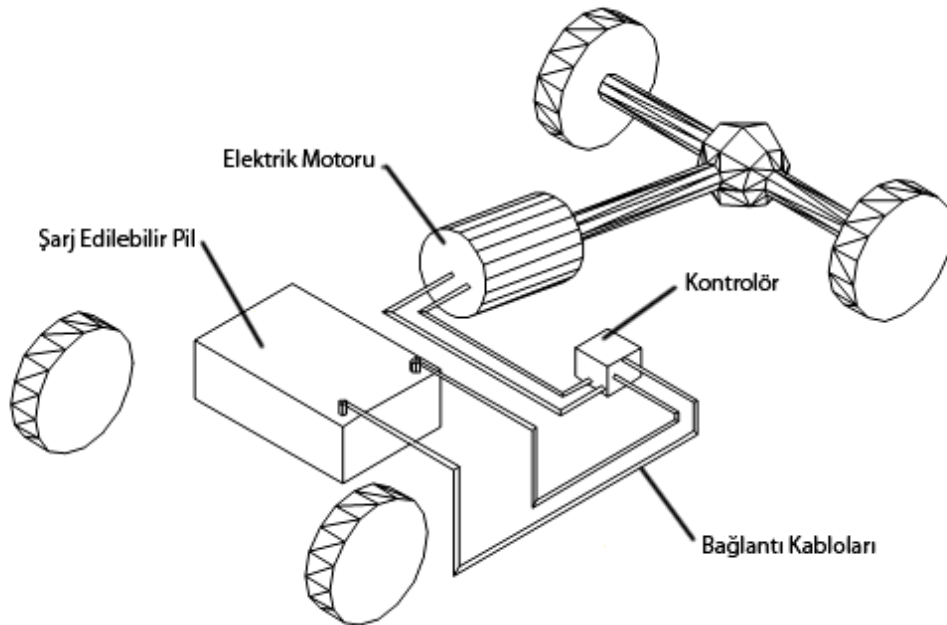
Elektrikli araç tasarımı konusunda tarihte kaydedilen gelişmeler içten yanmalı motorlu araçların aksine, günümüzde kullanılan bir dizi elektrikli ve hibrit otomobil sisteminin oluşmasına yol açmıştır. Bu sistemler üç ana başlık altında toplanabilirler. Birinci olarak, elektrikli araç denildiğinde ilk akla gelen örnek olan pilli elektrikli araçlar incelenecektir. İkinci olarak son yıllarda en yaygın kullanıma sahip olmuş olan içten yanmalı motorlu/elektrikli hibrit araçlar ve alt modelleri anlatılacaktır. Son olarak yakıt hücresiyle enerji dönüştüren yakıt hücreli araçlar hakkında bilgi verilecektir.

4.2.1. Elektrikli araçlar

Bu model araçlar (electric vehicle, EV) oldukça basit bir hareket sistemine sahiptirler ve kavramsal olarak Şekil 4.2.'deki gibi gösterilebilirler. Hareket sistemi; elektrik depolanması için şarj edilebilir pil, elektrik enerjisini mekanik

enerjiye çeviren bir veya daha fazla elektrik motoru ve bir kontrolör içermektedir. Pil her hangi bir şarj noktasından ya da şehir elektriğinden dolabilir özelliğindedir. Kontrolör ise, elektrik motoruna giden gücü kontrol ederek hızlanma ve yavaşlamayı düzenler. Geleneksel araç modellerinin fren sistemleri sürtüne kuvvetinin üzerine kuruludur. Araç fren yaptığında oluşan kinetik enerji fren disklerinin sıkıştırılmasıyla ısıya dönüşür, ısı da atmosfere iletilir. EV'ler farklı olarak yokuş aşağı giderken veya fren yaptığı zaman motor kinetik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür ve elektriğin pili doldurmasını sağlar. Bu sisteme “Şarj edici fren” (regenerative braking system) adı verilmiştir Bu modelin yaygın kullanımına en çok elektrikli bisikletle ve küçük şehir içi ulaşım araçlarında rastlanmaktadır.

EV'lerin şu an karşı karşıya kaldıkları en büyük sorun, elektrik depolanabilirliğinin azlığı olarak gösterilmektedir. Araçlara kısa bir menzil ve benzinli araçlara göre düşük güç sağlayabilen pil kapasiteleri halen geliştirilmekte ve kapasitenin artırılması için çalışılmaktadır (Larminie ve Lowry 2003).



Şekil 4.2. Elektrikli bir aracın hareket sisteminin şematik gösterimi (Larminie ve Lowry 2003).

EV çalışmaları küçük ve hafif araçlarla sınırlı olmaktan çıkmıştır. Gelişen pil ve malzeme teknolojisiyle yeni ve estetik niteliği oldukça yüksek modeller piyasaya sürülmeye başlamıştır. Bu yeni EV'lerden birisi Tesla Motors tarafından üretilen 2006 üretimi Roadster modelidir. Araç bir şarjla 393 km. yol alabilmekte ve saatte 210 km. hız yapabilmektedir (bkz. Şekil 4.3.) ([http 38](http://38)).

4.2.2. Hibrit araçlar

Hibrit araç tanımı (hybrid electric vehicle, HEV), itkiyi iki veya daha fazla farklı enerji kaynağıyla elde eden araçlar için kullanılmaktadır. En yaygın kullanıma sahip hibrit araçlar içten yanmalı ve elektrikli motoru olanlardır. Bu modelin, var olan elektrikli araçların menzillerini artırabilmek için oluşturulan bir çözüm olduğu söylenebilir. HEV'lerde elektrik bir dış kaynaktan aktarılmaz, içten yanmalı motorun gücünden elektrik üreten jeneratörle üretilerek pillere depolanır. Motorların birbirleri ve hareket sistemiyle olan ilişkilerinde çeşitlendirmelere gidilerek seri ve paralel olmak üzere iki ana HEV modeli oluşturulmuştur.

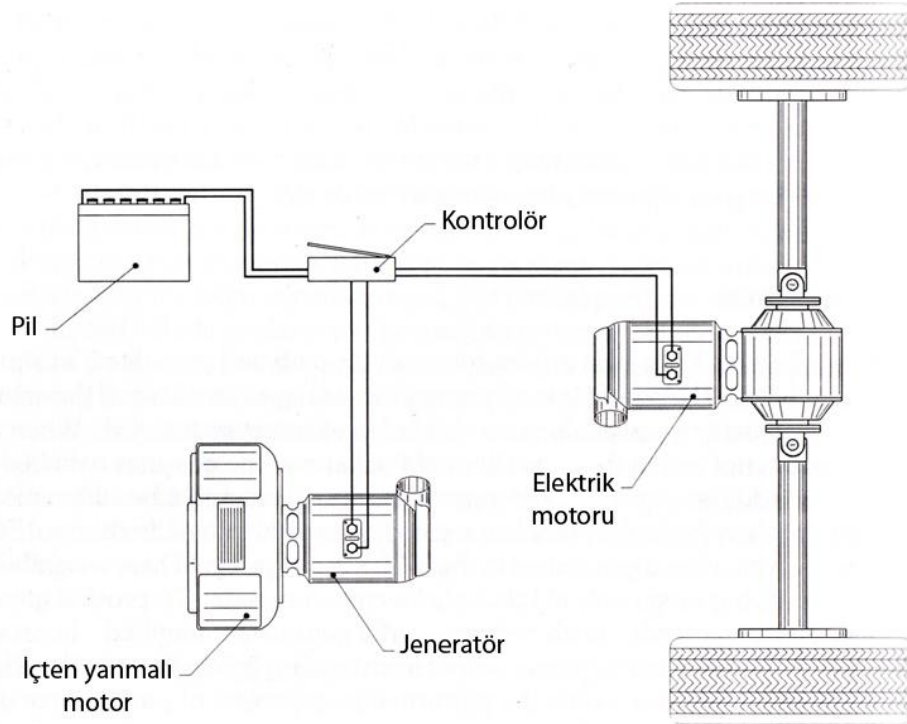


Şekil 4.3. Tesla Roadster ([http 38](http://38)).

İki modelde de güç kaynakları içten yanmalı motor ve hareket halindeyken de jeneratördür. Hibrit araçlar büyük otomobil firmaları tarafından satışı en çok yapılan modellerdir (Hotkinson ve Fenton 2001).

Seri hibrit araçlar

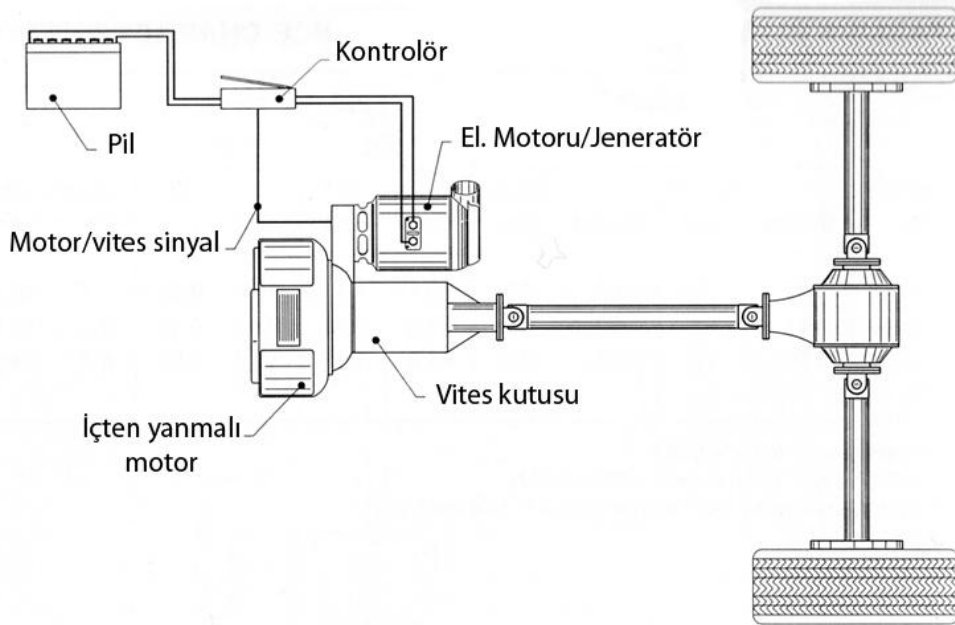
Bu model araçlarda içten yanmalı motor aracın hareketine dolaylı etkide bulunmaktadır. Ürettiği mekanik enerji, jeneratör görevi gören bir elektrik motoru tarafından doğrudan elektrik enerjisine çevrilerek pillere aktarılır. Kontrolör de sürücünden gelen komutlarla, tekerleklere bağlı olan elektrik motoruna elektrik akışını düzenler (bkz. Şekil 4.4.). Paralel sistemlere göre avantajları daha basit bir mekanik yapıda olmalarıdır (Riley 1994; Larminie ve Lowry 2003).



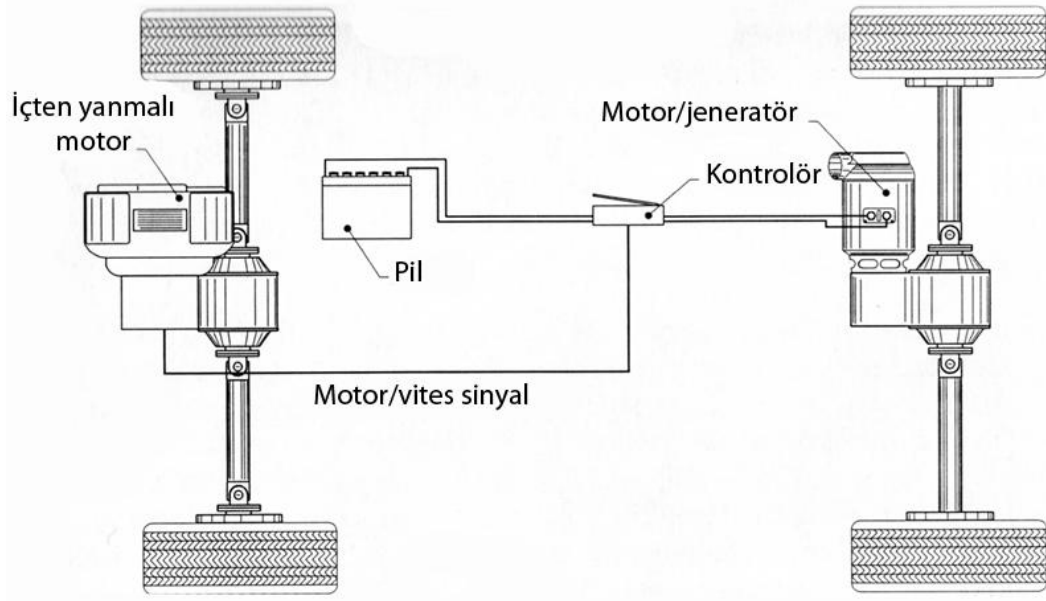
Şekil 4.4. Seri hibrit bir aracın hareket sisteminin şematik gösterimi (Riley 1994).

Paralel hibrit araçlar

Paralel hibrit sistemlerde içten yanmalı motorun gücü, aracı hareket ettirmek için doğrudan tek başına veya elektrik motoruyla birlikte kullanılmakta ve jeneratöre güç vermektedir (bkz. Şekil 4.5.). Seri sistemler araç durmaktayken de pilleri şarj ederek çalışırken, bu model yalnızca araç hareket ederken elektrik depolamaktadır. Paralel sistemler seri sistemlere göre daha karmaşık bir yapıda olsalar da, mekanik enerjinin önce elektrik sonra da hareket enerjisine dönüşümündeki enerji kaybının kısmen önüne geçmektedirler. Kısa menzilli yolculuklarda yalnızca elektrik motoru kullanılabilirken, uzun menzilli yolculuklarda ağırlıklı olarak içten yanmalı motor kullanılmaktadır. Paralel hibrit sistemler, hareket motorlarının ön ve arka tekerleklere ayrı konumlandırıldığı “ayrık hibrit sistem” adı verilen alt bir gruba ayrılmaktadırlar (bkz. Şekil 4.6.) (Riley 1994).



Şekil 4.5. Paralel hibrit bir aracın hareket sisteminin şematik gösterimi. İçten yanmalı motor hem jeneratörü beslemekte hem de araca hareket kazandırmaktadır (Riley 1994).



Şekil 4.6. Ayrık paralel hibrit sistem. İçten yanmalı motor araca hareket sağlarken arka tekerleklere bağlı olan elektrik motoru jeneratör görevi görerek elektrik üretmektedir. (Riley 1994).

Hibrit sistemlerin, elektrik enerjisini dışarıdaki bir elektrik hattından da alabilen bir modeli geliştirilmiştir. Prize takılır hibrit elektrikli araç (plug-in hybrid vehicle, PHEV) adı verilen bu model giderek yaygın kullanır hale gelmektedir. PHEV'ler diğer modellere göre daha kısa sürede dolabilen ve kapasiteleri fazla olan pillere sahiptirler (Bradley ve Frank 2007).

Hibrit araçların başlıca iki avantajından söz edilebilir. Birincisi, geleneksel araçlarda bulunan motorlardan çok daha küçük ve az yakıt harcayan bir içten yanmalı motorları vardır. Motorların küçük olmasının nedeni, aracın tek hareket ettirici unsuru olmamalarıdır. Elektrik motoru toplam itme gücünün yarıya yakın bir bölümünü karşılamaktadır. İçten yanmalı motorun ürettiği toplam güç daha verimli kullanılır hale gelmektedir. Ayrıca 56 kg. seviyesine kadar düşen motor ağırlıkları, aracı çok daha hafifleterek güç gereksinimini de düşürmektedirler. Şarj edici fren sisteminin aracın kinetik enerjisini sisteme yeniden kazandırdığı enerji de ikinci önemli avantajdır (Schlager ve Weisblatt 2006).

A.B.D Enerji Bakanlığı, HEV ve PHEV'lerin uzun dönem performanslarını değerlendirebilmek için bünyesinde kurulmuş olan AVTA⁽²²⁾ adlı örgütü görevlendirmiştir. Örgüt bütün büyük firmaların üretmiş oldukları HEV ve PHEV'lere performans ve güvenilirlik testleri uygulamıştır. 4 milyon km.lik bir örnek yol üzerinde denenen araçların genel olarak performans ve güvenilirlik alanlarında gerekli standartlara ulaştıkları belirtilmiştir (Karner ve Francfort 2007).

4.2.3. Yakıt hücreli araçlar

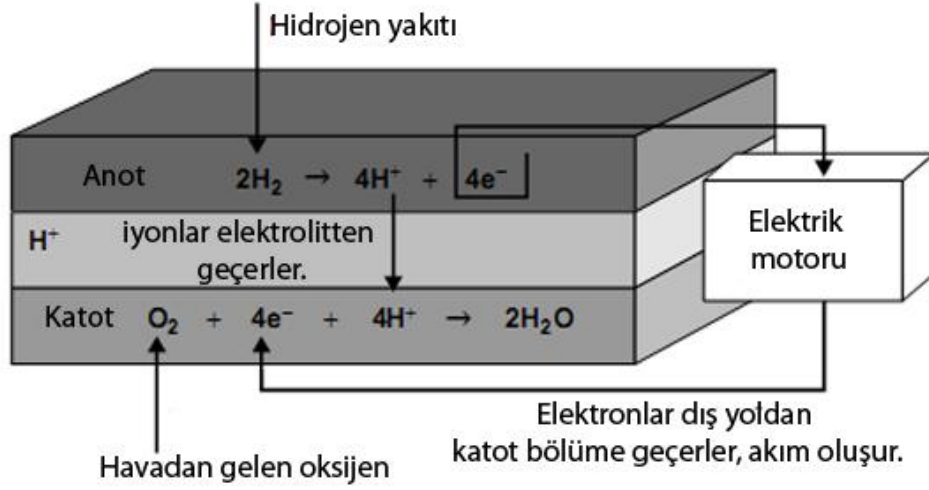
Yakıt hücreli elektrikli araçlar (fuel cell electric vehicle, FCEV), EV ve HEV'lere benzer hareket sistemine sahiptirler. Pil yerine yakıt hücresi kullanırlar. Yakıt hücreli sistemler, hidrojenden veya büyük oranda hidrojen içeren gazlardan, sessiz ve neredeyse zararlı gaz salınımı olmadan yüksek bir verimle elektrik enerjisi üretebilirler. Atık olarak su, çok az miktarda egzoz gazları ve ısı açığa çıkar (Schell ve ark. 2005).

Yakıt olarak metanol, etanol, doğal gaz ve depolama şekline göre sıvı ya da gaz halinde hidrojen kullanılır. Yakıtın hidrojen derişimi düştükçe elde edilen verim de düşer. Bir yakıt hücresi anot ve katot elektrot katmanlarıyla, bunların arasında yer alan bir elektrolitten oluşur. Hidrojen anot tabakada elektronlarını bırakır. Oluşan hidrojen iyonları elektrolit üzerinden, oksijenle reaksiyona gireceği katot tabakaya geçerler. Serbest elektronlar katot tabakaya dolaylı olarak bir elektronik devre üzerinden akmaya zorlanır, böylece elektrik akımı oluşmuş olur (bkz. Şekil 4.7.).

Yakıt hücreli elektrikli araçlar özellikle 200'li yıllardan sonra üretilme aşamasına gelebilmişlerdir. Honda FCX, 2002 yılında satışına başlanan bir

⁽²²⁾ Advanced Vehicle Testing Activity (İleri Araç Test Etkinliği), 1995 yılından bu yana ileri düzey araçların çeşitli performans testlerini yapmaktadır. (Karner ve Francfort 2007).

FCEV'dir. Bu araç A.B.D'de "sıfır salımlı araç" (zero emission vehicle, ZEV) olarak tescillenmiş ilk araçtır (bkz. Şekil 4.8.) (Larminie ve Lowry 2003).



Şekil 4.7. Bir yakıt hücresinin elektrik üretme süreci (Larminie ve Lowry 2003).



Şekil 4.8. Honda FCX, satışa sunulan ilk yakıt hücreli ve sıfır salımlı araçtır (http 39).

4.3. Alternatif Sistemlerle Geleneksel Sistemlerin Karşılaştırılması

Granovskii ve ark. (2006), modern, etkili ve çevreci bir otomobil tasarımının motor ve yakıt teknolojisinin ilerlemesine diğer gelişmeler kadar gerek duyduğunu belirtmektedirler. Motorların ve yakıtların verimlilikleriyle çevreye verdikleri zarar miktarları, otomobil kavramını şekillendirmesi gereken çok önemli iki unsur olarak öne çıkmaktadırlar. Estetik bir tasarımın bu kriterlerin göze alındığı bir teknolojik temeli olması, hem ekonomik hem de ekolojik bir gerekliliktir.

Önceki bölümlerden, otomobillerin farklı yakıtların tekil ya da bileşik kullanımlarıyla bazı hareket sistemlerine sahip oldukları ya da olabilecekleri anlaşılmaktadır. Bu otomobillerin çevreye etkileri, verimlilikleri, performansları ve tasarım çerçeveleri de bu hareket sistemleri ve yakıtlardan hangilerinin kullanıldığına bağlı olarak değişmektedir. Bu parametreler temelindeki karşılaştırmalar ve çözümler ilerleyen bölümlerde yapılmaya çalışılacaktır.

4.3.1. Enerji verimliliği ve performansı

Burada incelenecek olan verimlilik, araçların bir enerji kaynağının diğer enerji kaynağı ya da kaynaklarına dönüşümü sonrasında elde edilen enerji verimliliği olacaktır.

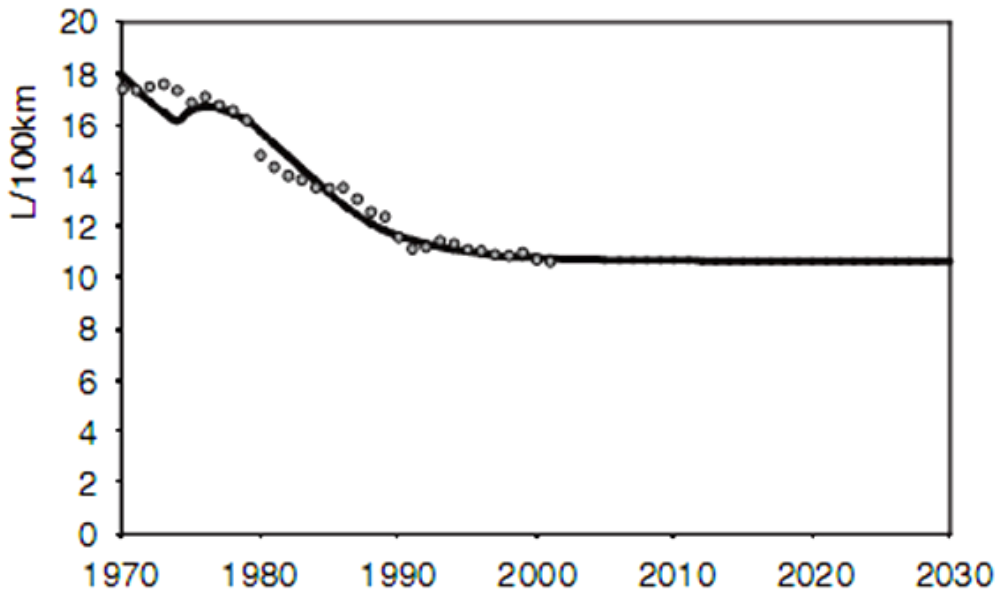
İçten yanmalı motor kullanılan araçlarda üretilen enerji miktarı yakıtın türüne göre değişir. Ancak geleneksel bir orta sınıf otomobil, hareket sisteminin aynı olmasından ötürü yakıttan bağımsız olarak sisteme giren enerjinin yalnızca %12–15 kadarını kullanmaktadır. Motor ve motor organları bu kaybın büyük bölümünden sorumludurlar. Yalnızca motor tek başına %60 seviyelerinde bir kayba neden olur. Motorun çalışma sürekliliği için toplam enerjinin %17'si kullanılır. Hareketi tekerleklere aktaran vites kutusu gibi organlarda da %6'sı kaybolur. Hava sürtünmesi, fren gibi etkiler de %5 kadar enerji kaybı yaratırlar. Motorların, motor organlarının ve bu parçaları taşıyan şasinin ağırlığı, üretilen

gücün büyük bölümünün bu parçaların hareketine harcanmasına neden olur. Bir aracın toplam hareket gücünün yaklaşık %80'i, aracın kendisini hareket ettirebilmesi için kullanılır (Graedel ve Allenby 1998).

Schäfer ve ark. (2004), geçmiş kullanım verilerine dayalı olarak yaptığı yakın gelecek değerlendirmesinde içten yanmalı motorların günümüze göre yüksek bir yakıt tüketim verimliliği olmayacağını belirtmektedirler (bkz. Çizelge 4.1.).

Elektrik motorlu araçlar için belirleyici iki durumdan söz edilebilir. Birincisi pildeki elektriğin hareket enerjisine doğrudan dönüşümü, ikincisi de yakıt hücrelerinde kimyasal enerjinin elektrik enerjisine, elektrik enerjisinin de hareket enerjisine dönüşümüdür. En fazla verim, elektriğin doğrudan mekanik enerjiye dönüşümüyle elde edilmektedir (Wakefield 1998). Yakıt hücrelerinde enerji iki kere farklı biçimlere dönüştürüldüğü için verimi görece düşüktür. Ancak elektriğin üretim merkezinden araca taşınması ve kullanılmasını içeren bütün bir

Çizelge 4.1. A.B.D.'de üretilen içten yanmalı araçların 100 km. başına ortalama yakıt tüketimleri ve yakın gelecek için öngörülen değerler. Gri noktalar, karşılık gelen yıllardaki ölçümleri göstermektedir (Schäfer ve ark. (2004).

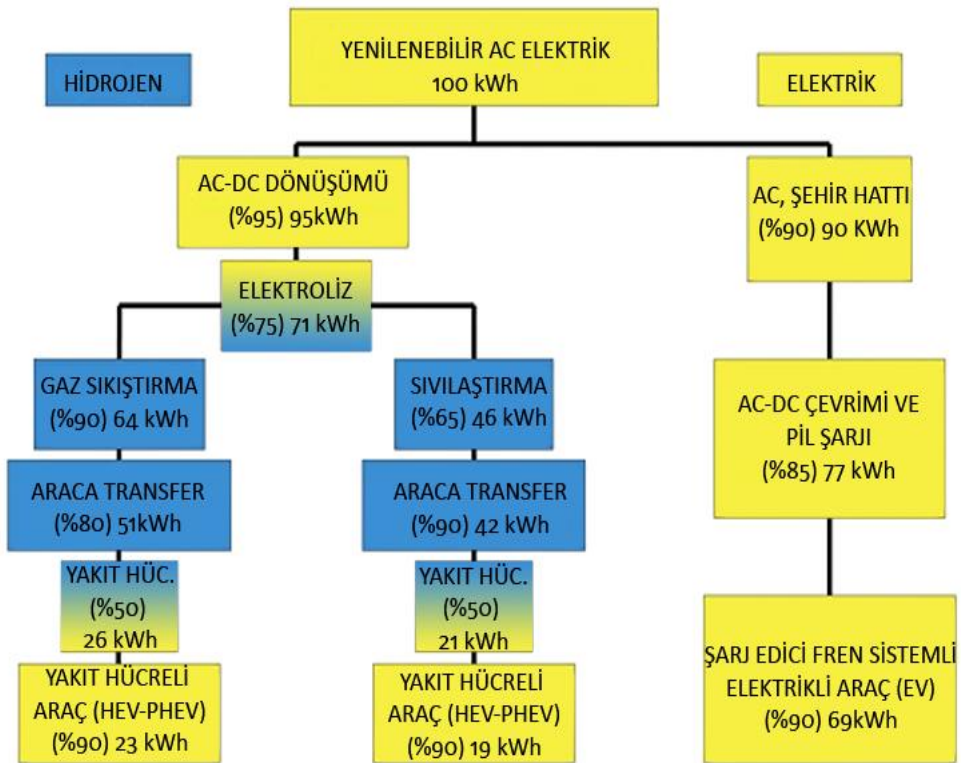


üretim ve kullanım sürecinde verim genel olarak daha da düşmektedir. Çizelge 4.2.'de bu dönüşüm ve oluşan enerji kayıpları görülmektedir. Ancak bu kayıp seviyeleri bile içten yanmalı motorların verimlerinin üzerindedir.

EV, HEV ve PHEV tipi araçların hareket sistemlerinin hafifliği göz önüne alındığında, harcanması gereken enerjinin daha az olduğu sonucu çıkarılabilir. Hafifleyen motorlar ve parçaları şasiyi de hafifletecektir. Bu da hem verimliliği artıracak, hem de bir sonraki bölümde ele alınacak olan performans artışını doğuracaktır.

Araçların hızlanmalarına ve menzillerine en büyük etkiyi yakıtların niteliklerinin ve depolanma biçimlerinin yaptığı söylenebilir. İçten yanmalı otomobillerdeki yakıtlar bugün için birim kütle ve birim hacim başına elektrik

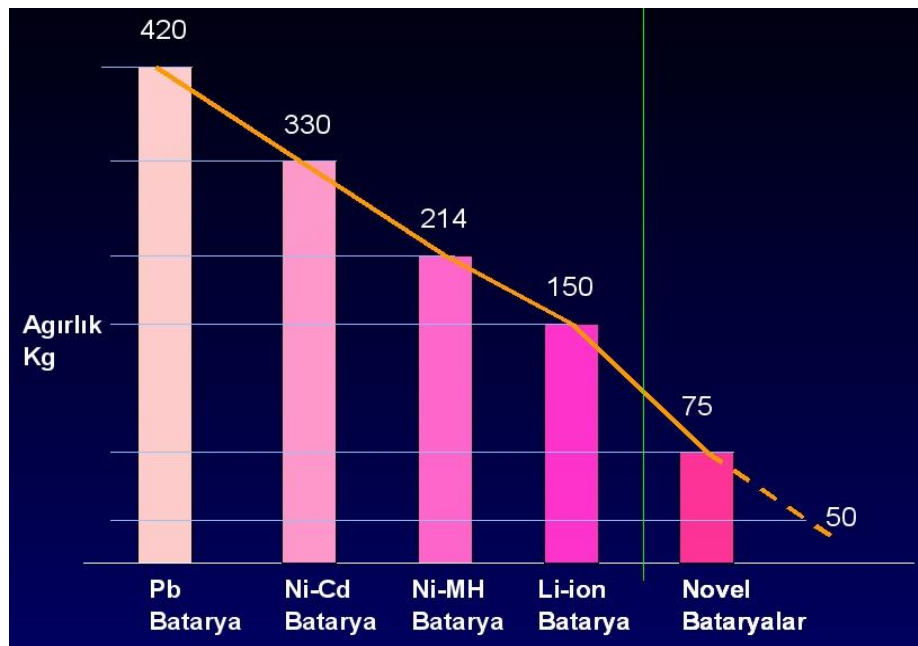
Çizelge 4.2. Hidrojen ve elektrik enerjisinin, elektrik motorlu araçlardaki enerji kayıpları ve verim düzeyleri (Bossel 2006).



pillerinden daha yoğun enerji tutmaktadırlar. Petrol yakıtlarından doğal gaz 51.76, benzin 47.46, mazot 46.94 ve diğer yakıtlarla karıştırılarak kullanılan etanol 29.4 MJ/kg. enerji yoğunluğuna sahiptirler (Agarwal 2006).

Elektrikli araçların performansları, bu araçların ve pillerinin türüne bağlı olarak değişir. Bugün en yaygın kullanılan elektrik depolama birimleri, nikel-metal hidrit (Ni-Mh) ve lityum-iyon (Li-ion) pillerdir. Ni-Mh piller 2000'lerin başında popülerliğini artırmış ve elektrikli araçlarda kullanılmaya başlamışlardır. Geri dönüştürülebilir malzemeden yapılmış olmaları, önceki pillere göre çok büyük bir üstünlük olarak kabul edilmiştir. Enerji yoğunlukları 150–210 Wh/lt. olup, %80 doluluğa ulaşmaları 15 dakika sürmektedir. 1200'den daha fazla sayıda yeniden doldurulabilirler (Hodkinson ve Fenton 2001). Günümüzde elektronik cihazların büyük bölümünde kullandığımız Li-ion piller, araçlar için henüz geliştirilme aşamasını tamamlamamışlardır. Sundukları potansiyelle Ni-Mh pillerin yerini almaları beklenmektedir. Ni-Mh pillerle hemen aynı enerji miktarını, yaklaşık yarısı kadar bir hacimde tutabilirler. Ancak maliyetleri Ni-Mh pillere göre oldukça yüksektir (bkz. Çizelge 4.3) (Karden ve ark. 2006).

Çizelge 4.3. 15 kW gücündeki bataryaların ağırlık karşılaştırmaları (Gürsu, Arşiv 2008).



Piller EV, HEV ve yakıt hücreli araçlarda farklı miktarlarda kullanılırlar. Bir EV’de ortalama 430 kg. Ni-Mh pil kullanılırken bu oran HEV’lerde 53 kg. ve yakıt hücresi olan araçlarda da 78 kg. kadardır (Granovskii ve ark. 2006). EV ile diğer taşıtların ağırlıkları, HEV ve yakıt hücreli araçların diğer önemli motor ve dönüştürücü birimleriyle dengelenmiştir, denilebilir. Çizelge 4.4.’de otomobillerin, kullandıkları yakıtlara göre maliyet ve yakıt kullanım özellikleri verilmiştir.

HEV ve PHEV araçlar, yalnızca elektrik enerjisiyle yol alabildikleri menzillere göre sınıflandırılmaktadırlar. Örneğin PHEV32 sınıfındaki bir araç, içten yanmalı motor kullanmadan 32 km. yol alabilmektedir. Hibrit araçlar; pil, motor özellikleri ve ağırlıklarına göre, yalnızca elektrik enerjisiyle 32 km. ile 100 km. arasında yol alabilirler (Bradley ve Frank 2007). EV’ler ise daha çok pile sahip olmaları ana nedeninden ötürü daha uzun menzillere sahiptirler. Bugüne kadar yapılmış en başarılı EV tasarımlarından biri olan Tesla Roadster, hafif gövdesi, Li-ion pilleri ve verimli motoru sayesinde şarj olmadan 370 km. yol alabilir. Aracın pilleri, 3.5 saatte tamamen dolabilmektedir (http 38).

4.3.2. Çevresel etkileri

Otomobiller çevresel etkilerine göre değerlendirilirse, alternatif ve geleneksel sistemleri alt gruplarına ayırarak incelemek yerinde olacaktır. Gaz salınımları da sera etkisi yapan ve kirlilik yaratan gazlar olarak ikiye ayrılabilir.

Çizelge 4.4. Otomobillerin yakıt türüne göre ekonomik karakteristikleri (Granovskii ve ark. 2006).

Araç Tipi	Yakıt Tipi	Araç Fiyatı (Bin Dolar)	Enerji Tüketimi (MJ/km.)	Yakıt maliyeti (Dolar/100 km.)	Menzili (km.)
Geleneksel	Benzin	15.30	236.8	2.94	540
Hibrit	Benzin	20	137.6	1.71	930
Elektrikli	Elektrik	42	67.2	0.901	164
Yakıt hücreli	Hidrojen	100	129.5	1.69	355

Çizelge 4.5., bu araç tiplerinin ve saldıkları gazların 100 km. başına miktarlarını göstermektedir. Geleneksel araçların salınım miktarları benzin, mazot ve doğal gaz kullanan araçların ortalama değerlerini; hibrit araçların salınım miktarları da elektrik ve sıvı yakıt kullanımlarının ortalama değerlerini içermektedir.

Elektrik motorlu ve yakıt hücreli araçların kullanımı, zararlı gaz salgılanmasına neredeyse yol açmamaktadır. Ancak enerji kullanım süreci enerjinin üretim aşamasını da içerdiğinde dolaylı olarak bir salınım olduğu görülmektedir. Elektrik enerjisinin, 2. bölümde anlatılan fosil yakıtlarla veya solar panellerle elde edilip edilmediğine göre 3 farklı salınım verisi elde edilebilir.

Çizelge 4.5. Araç tipleri ve enerji kaynaklarına göre gaz salınım oranları (Granovskii ve ark. 2006).

Araç Tipi	Sera Gazı Miktarı kg/100 km.	Atmosfer Kirlenici Miktarı kg/100 km.
Geleneksel	19/09/09	0.0564
Hibrit (HEV, PHEV)	11.6	0.0328
1. Elektrik Ü. Yöntemi		
Elektrikli (EV)	0.343	0.00131
Yakıt Hücreli	10.2	0.0129
2. Elektrik Ü. Yöntemi		
Elektrikli (EV)	5.21	0.0199
Yakıt Hücreli	10.6	0.0147
3. Elektrik Ü. Yöntemi		
Elektrikli (EV)	10.1	0.0385
Yakıt Hücreli	11.1	0.0165

Çizelge 4.5’de görülen 1. üretim yöntemi yenilenebilir kaynaklardan; 2. üretim yöntemi %40 verimle %50 yenilenebilir kaynaklar ve %50 doğal gazdan; 3. üretim yöntemi ise yine %40 verimle tümü doğal gazdan elde edilen elektrik enerjisinin EV ve yakıt hücreli araçlarda kullanılması durumunu göstermektedir (Granovskii ve ark. 2006)

Çizelgedeki verilere göre, tasarlanan çevreci otomobillerin genel salınım miktarını oldukça düşürdükleri söylenebilir. Ancak önemsenmesi gereken bir diğer olgu, enerjinin üretim yöntemi olmalıdır. Elektrik yenilenebilir kaynaklardan geldiği takdirde EV’ler diğer otomobillerden çok daha az salınım miktarına ulaşmaktadırlar. Elektrik fosil yakıtların yanmasıyla üretildiği zaman ise EV’ler diğer alternatif otomobillerle salınım miktarında yarışır hale gelmektedirler. HEV ve PHEV’lerin içten yanmalı motorlarında yakıt olarak etanol gibi salınım değeri görece düşük sıvı yakıtların kullanılması, bu araçların salınım oranlarının daha da düşmesini sağlayacaktır.

Çizelgedeki verilerden hareketle, temiz bir bireysel ulaşım modeli için sürdürülebilir temiz elektrik üretimi ve otomobil tasarımındaki çevreci yeniliklerin birlikte ele alınması ve uygulanması gerektiği sonucuna varılabilir.

4.3.3. Otomobil tasarımları

Otomobillerin gelişim aşamalarından hareketle; araçların günümüzdeki tasarımlarının, otomobil öncesi ulaşım araçlarının kullanım alışkanlıkları ve otomobil gelişim sürecindeki teknolojik gelişmelerin bir ilişkisiyle biçimlendiği söylenebilir. Atsız arabaların tasarımlarına içten yanmalı motorların oturtulması bu araçların yeni bir bütünlük içinde ele alınması gerekliliğini doğurmuş, bu gereklilik de otomobilin özgün kimliğini kazanmasını sağlamıştır. Geleneksel tasarım, çoğunlukla motor ve bileşenleri temelinde biçimlenmiştir. Motoru çok büyük ve ağır olan ilk otomobil örneklerinin ön bölümlerinin uzun olması veya küçük hacimli yeni nesil motorların hafif ve küçük otomobilleri ortaya çıkarmaları, bu birimlerin tasarım açısından önemini gösteren örneklerdir. Motor

yapılarının bu belirleyiciliği zamanla bir sınırlılık olarak öne çıkmaya başlamıştır. Yapılan otomobil tasarımları iç tasarım ve karoseri bölümlerine yoğunlaşmıştır.

Hem bugüne kadar var olmuş otomobillerde hem de yakın gelecek otomobil tasarımı çalışmalarında en önemli kriterler işlev ve kimlik olagelmıştır. Endüstriyel tasarımcıların, işlev sınırları genellikle mühendislik çalışmalarıyla belirlenen ürünleri bir kimlik oluşturacak şekilde tasarlamakta oldukları söylenebilir. 1920'li yıllardan itibaren otomotivde belirleyici bir rol üstlenmeye başlayan endüstriyel tasarımın, işlev ve kimliği en uygun şekilde harmanlamak gibi kilit bir görevi vardır.

Otomobil, endüstriyel tasarım açısından incelendiğinde, yalnızca bir kullanım objesi olarak algılanmaz. Otomobil, diğer birçok endüstriyel üründen farklı olarak etkileşim unsuru ağır basan bir üründür. Bunun en önemli nedeni kullanıcı kitlesinin bir kişiyle sınırlı olmaması olarak gösterilebilir. Otomobil, çevresiyle en etkileşimli ürünlerden birisidir. Yalnızca kullanıcılarla değil, diğer araçlarla, insanlarla ve içinde kullanıldığı toplumla ilişkili bir üründür. Endüstriyel tasarımcılar, bu sayılan parametreleri de tasarım süreci içinde kimlik oluşturma çalışmalarında ölçüt durumuna getirmektedirler. Otomotiv sektörü, gelişen teknolojilerin uygulanması bakımından çok elverişli bir alandır. Endüstriyel tasarım disiplini hem bu teknolojileri hem de söz konusu kriterleri tasarım sürecine dâhil edebilecek kilit bir konumda bulunmaktadır. Endüstriyel tasarım ile otomobil tasarımı arasındaki geri besleme çok büyük bir Know-How⁽²³⁾ doğurmakta ve bu sürecin %50 kadarı direkt olarak tasarımcıdan geçmektedir.

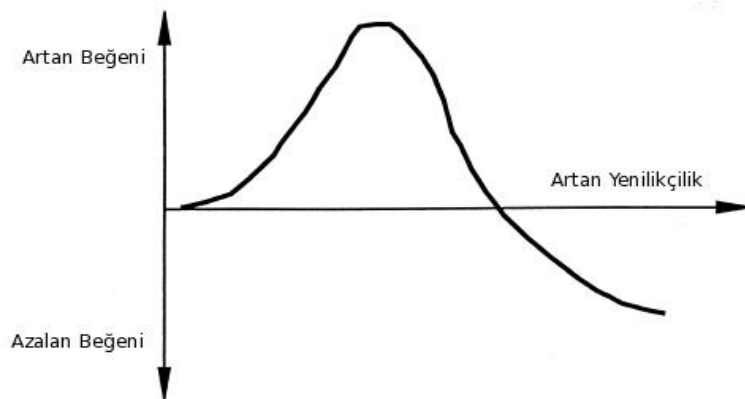
Otomotiv endüstrisinde yeni ürün tasarımı için oluşturulan konseptin ilerleyip sonuçlanmasında kullanıcı gruplarından yararlanılması, kimliğin oluşturulması ve algısı için seçici nitelikte bir yöntem olarak uygulanmaktadır. Birden çok konsept tasarım kullanıcı beğeni ve alışkanlıklarının yönlendirmesiyle tek konseptte doğru evrilir. Kullanıcılar bu konseptleri ürün gamındaki var olan

⁽²³⁾ Know-How tam Türkçe karşılığı olmayan bir kavram olmakla birlikte, nasıl yapılacağını bilme, bir şeyi yapabilme bilgisi olarak tanımlanabilir.

modellerle karşılaştırırlar. Edinilen ilk izlenime göre tasarımlar ya tekrar gözden geçirilmek üzere tasarım ofisine geri gönderilir ya da genel tasarım süreci üretime doğru devam eder. Kullanıcıların gerçek hayattaki alışkanlıklarının ve beğenilerinin nasıl oluştuğu bu noktada çok önemli görünmektedir. Coughlan ve Mashman (1999), kullanıcıların belirli bir otomobil konseptine birçok farklı algılama sürecinin etki ettiğini söylemektedirler. Sözelimi, ilk olarak otomobil fuarında görülen yani bir otomobil, sonra reklamlarda, ardından galerilerde ve caddelerde görülmeye başlanır. Bu süreç, otomobil konseptinin bir bakıma somutlaşma sürecidir, denilebilir. Farklı alanlardan gelen bu konsept algısı, “tekrarlanan maruz kalma” olayı olarak tanımlanır.

İlkin çok fütüristik bulunan bir otomobil, toplum yaşamıyla bütünleştikçe sıradanlaşmaktadır. Önceki bölümlerde anlatılmaya çalışılan otomobil gelişimi incelendiğinde, önce radikal görünen değişimlerin zamanla o dönemin otomobilin kimliğini oluşturduğu görülebilir. Bir ürünün başarısı kuramsal olarak yenilik alanında ilerlemiş olmak kadar ilk algılamada yaratılan çekicilik ve çekiciliğe bağlı olarak kabul edilebilirliktir. Bu noktada, otomobil kimliğinin oluşumunda etkili olan ana unsurlar, kullanıcıların beğeni düzeyleri ve otomobil konseptinin yenilikçiliğinin niceliğidir, denilebilir. Bu iki unsur arasındaki ilişki Çizelge 4.6'da verilmiştir. Grafikte görüleceği gibi orta düzeyde bir yenilik, en büyük kullanıcı memnuniyetini yaratmaktadır. Yeniliğin artması, günlük yaşam ile ürünü soyut anlamda birbirinden uzaklaştıracağı için hoşnutluk düzeyi giderek azalmaktadır.

Çizelge 4.6. Üründeki yenilikçilik düzeyi ile memnuniyetlik arasındaki ilişki (Coughlan ve Mashman 1999).



Bilim-kurgusal bir yenilikçilik anlayışıyla tasarlanan ürünler, negatif bir hoşnutsuzluk seviyesine bile inmektedirler. Endüstriyel tasarım, otomobil tasarımı alanında gelişen teknolojik altyapıyı, özgün bir tasarım ile tamamlayarak hem yenilikçi hem de kullanıcılar için kabul edilebilir bir ürünü ortaya koyabilmelidir.

Otomobilin tasarımında kullanılan teknolojiler ise çevreye zararı minimize edebilecek bir yönde ilerlemelidir. Ulaşımında otomotiv alanında enerji tasarrufu yapılabilecek iki temel karakteristikten söz edilebilir. Birincisi, otomobillerin büyük çoğunluğunun kullanılma amaçlarına oranla çok fazla güçlü olmalarıdır. İkincisi ise, birinci nedenle ilişkili olarak otomobillerin, ortalama taşıma kapasitelerinin %30 kadarıyla çalışmalarıdır. Fazla üretilen enerji sürekli ısı enerjisine dönüşerek atmosfere karışmaktadır. Alternatif sistemlerde kullanılan elektrik motorları, sürekli en uygun düzeyde tork⁽²⁴⁾ üreterek enerjiyi verimli kullanırlar (Riley 1994).

Alternatif sistemlerin kullanıldığı otomobiller, geleneksel otomobillerin genel hatlarıyla paralel bir tasarıma sahiptirler. Bu benzerliğin ana nedenleri artık oturmuş olan kullanıcı alışkanlıkları, trafik sistemi ve üretim bandı olarak gösterilebilir. Kısa dönemli ekonomik maliyetler göze alındığı takdirde üretim bandında yapılacak değişikliklerle çok daha verimli tasarımların oluşması mümkündür. Alternatif araçların motor ve hareket elemanlarının endüstriyel tasarımcılara alışılmış otomobil kavramını hem geliştirecek hem de farklılaştırabilecek bir tasarım özgürlüğü sunduğu söylenebilir.

Kişisel ulaşım araçlarının yeniden yorumlanma çalışmalarının temelini yaşam biçimlerinin oluşturduğu görülmektedir. Şehir yaşamı içindeki bireylerin günlük kat ettikleri menzillere ve yolcu sayısına göre farklı kapasitelerde elektrikli ve hibrit araç modelleri oluşturulmaktadır. Bu yeniden yorumlama çalışmaları yakın gelecekteki toplum yapısı ve teknolojik ilerlemeler göz önüne alınarak yapılmaktadır. İlerleyen bölümlerde otomobillerin yakın gelecek senaryolarına kategoriler temelinde değinilmeye çalışılacaktır.

⁽²⁴⁾ Tork, motorun tekerleklere aktardığı dönme kuvvetidir (Ana Britannica 1990).

Yakın gelecek önerileri ve araç kategorileri

Elektrikli, hidrojen yakıtlı veya hibrit araç tasarımlarında yeni bir paradigmanın temel alınması gerektiği görülmektedir. Bu gerekliliğin nedenleri de teknolojik ilerlemeler, çevresel etkenler, artan ihtiyaçların karşılanma maliyetlerinin düşürülme zorunluluğu ve de bütün bunların mevcut otomobil kimliği ile olan uyumsuzluğu olarak gösterilebilir. Yeni tasarım çalışmaları, hedeflenen ihtiyaçların giderilmesine ve kullanıcı kitlesine göre değişkenlik gösteren bazı kategoriler halinde incelenebilir.

Var olan otomobillerin tasarımlarının dışına çıkılmadan üretilen elektrikli veya hibrit araçlar standart yolcu otomobilleri sınıfına girerler. Bu kategorideki araçlar mevcut kategoriler içinde en büyük hacimli olanlarıdır. 450 kg. ve üzeri araçlar bu kategoriye dahil edilirler. Önceki bölümlerde incelenen General Motors firmasının EV1 model otomobili bu kategorideki araçlara bir örnektir. Endüstriyel tasarım açısından incelendiklerinde bu araçların hem kullanıcı arayüzlerinin hem de bileşen yerleşimlerinin geleneksel araçlarla neredeyse aynı oldukları görülmektedir.

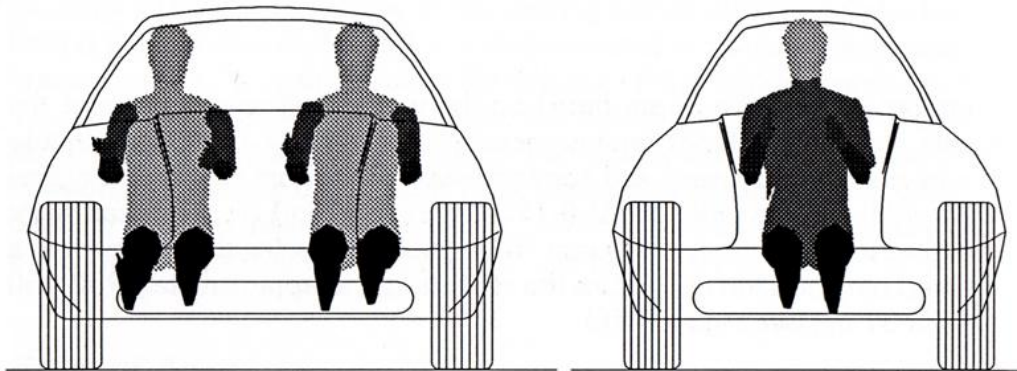
Kent Araçları (Urban Car – City Car) 450 kg. ağırlık sınırını aşmayan, menzilleri görece kısa olan dolayısıyla hafif piller içeren küçük araçlardır (bkz. Şekil 4.9.). Günlük kent yaşamında ulaşım ihtiyacını minimal düzeyde karşılamak üzere tasarlanan araçlar bu kategoriye girerler. Hafif elektrikli araçlar (Light Electric Vehicle, LEV), en yaygın kent aracı türü olmaya adaydır. Riley (1994), bu araçların kent dokusuna uygun bir şekilde, dikkatli bir hacim hesaplamasından geçmiş ve çevreci özellikte tasarlanmaları gerekliliğinin endüstriyel tasarımcılar için öncelikli konular olduklarını belirtmiştir.

Hafif ve küçük bir araç fikri önceki bölümlerde incelendiği üzere 1970'lerin ortalarında geliştirilmiş bir fikir olmasına rağmen bugüne kadar bu alanda somut bir ilerleme kaydedilememiştir.



Şekil 4.9. İstiflenebilir kent içi ulaşım araç tasarımları (Gürsu, Arşiv 2008).

Kent içi arabaların, yolcu kapasitesi düşürülerek dar hatlı hale getirilen modelleri de bulunmaktadır (bkz. Şekil 4.10.). Çeşitli araştırmaların gösterdiği önemli bir nokta, daraltılmış araçların trafik yükünü rahatlattığı gerçeğidir. Gövde yükünün hafiflemesiyle birlikte motor yükü de hafifleyerek az enerji harcanması bu araçlarda mümkündür. Kullanımdaki araçların büyük bölümünün 1-2 kişi



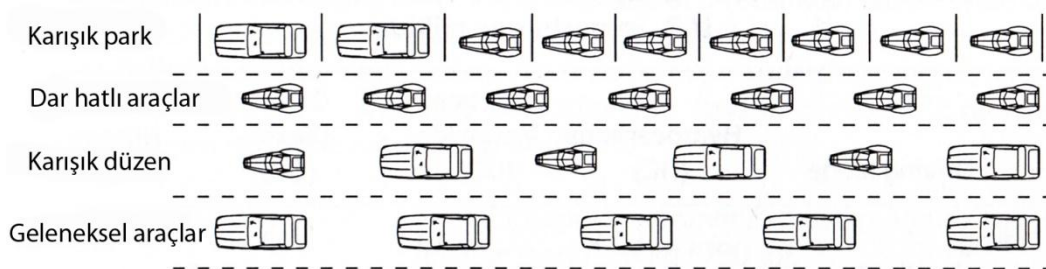
Şekil 4.10. Normal ve dar hatlı (narrow-line) araçlarda şematik oturma pozisyonları (Riley 1994).

taşıdığı göz önüne alınırsa bu araçların gelecekteki önemi daha iyi anlaşılacaktır. Dar hatlı araçlar, yakın gelecek için tasarlanan kent yaşamına eklenmesi kolay bir taşıt türüdür (Riley 1994).

Şekil 4.11.'de görülen araç ticari ulaşım aracı olarak kullanılması tasarlanan bir dar hatlı araç tasarımıdır. Şekil 4.12'de ise kent araçlarının geleneksel araçlarla trafikteki etkileşimleri şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.11. Kent aracı tasarımlarından bir örnek (Gürsu, Arşiv 2008)



Şekil 4.12. Alternatif araçlarla geleneksel araçların trafikteki ilişkilerinin örnek bir gösterimi (Riley 1994).

Kent araçlarının öne çıkan bir alt sınıfı da otomobil olarak tanımlanamayan küçük araçlardır. Bu kategori Ultra-Hafif Araç (Ultralight Vehicle) adını almıştır. 2, 3, 4 tekerlekli tasarımlar var olmakla birlikte günümüzde bu kategoriye dahil edilebilecek kullanılagelen araçlardan biri bisiklettir. Ancak yakın gelecekte bu araç sınıfının yeniden ele alınarak, tasarlanan örneklerinin yaygınlaşacağı öngörülmektedir. İnsan gücüyle çalışan araçlar da (bkz. Şekil 4.13.) bu sınıfa dahil edilmektedir (Riley 1994).

Yeni tasarım modellerinin bir önemli getirisi de üretim sürecindeki ekonomik yükün hafiflemesidir. Önceki bölümlerde görüldüğü üzere, çok basit mekanik sistemlere sahip olan elektrikli araçların üretim maliyetleri, seri üretim arttıkça düşmektedir. Çok fazla parçadan oluşan içten yanmalı motorların, kullanıcılar için ek yük anlamındaki bakım ve yedek parça maliyetlerinin de çok azalacağı bir diğer önemli gerçektir (Hodkinson ve Fenton 2001).

Kent yaşamına göre yeniden yorumlanarak yapılan otomobil tasarımlarının bütünlükçü bir şekilde ele alındığında genel trafik sorunlarının bir bölümüne çözüm getirebileceği söylenebilir.



Şekil 4.13. İnsan gücüyle çalışan ulaşım aracı tasarımlarından bir örnek (Gürsu, Arşiv 2008).

5. SONUÇ

Uygarlığın başlaması ve gelişmesi, kullanılan enerji kaynaklarının türleriyle doğrudan ilgili olagelmıştır. Yapılan her tür aletin tasarımı da yine benzer şekilde enerji türüne göre şekillenmiştir. Tarihteki ulaşım araçları da önce canlıların hareket güçlerinden, ardından depolanmış halde keşfedilen yenilenemeyen kaynaklardan enerjilerini almışlardır.

Petrol yakıtlarının günümüz yaşantısının temellerini beslediği ve biçimlendirdiği açıkça görülmektedir. Ekonomik ve siyasi gelişmelerin temel dinamiği, özellikle Endüstri devrimi sonrasında enerji kaynaklarının kullanım türleri ve yoğunlukları olmuştur. Yenilenemeyen enerji kaynakları, çok yaygın kullanım alanına sahip olmasının olumsuz bir getirisi olarak yeryüzünü kirletmektedirler.

Ancak yenilenebilir enerji kaynakları, enerjilerini temel olarak Güneş'ten aldıklarından dolayı doğal bir enerji çevriminden faydalanırlar. Bu doğal çevrimden elde edilen enerji ise, doğaya hemen hiçbir zarar vermemektedir.

Petrolün ve türevlerinin enerji politikalarının belirleyici unsuru olduğu görülmektedir. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının önemli bir bölümünün bir özelliği de belirli coğrafi bölgelere yığılmış durumda olmalarıdır. Bu durum, enerji koridorlarının oluşmasına ve transfer maliyetleri nedeniyle fiyatların artmasına sebep olmuştur.

Yenilenebilir nitelikteki enerji kaynaklarının coğrafi bölgelere olan bağımlılığı çok daha düşüktür. Çalışmada incelenmiş olan bu enerji elde etme yöntemlerinin uygulama kolaylıkları ortadadır. Yalnızca ulaşımında değil, çevreyle olan zararsız ilişkisi nedeniyle de bu kaynakların her alanda etkin kullanımının önü açılmalıdır.

Otomobiller, atlı arabaların hareket sistemlerinin değişmesiyle yeni bir ulaşım aracı olarak ortaya çıkmışlardır. Sanayinin büyümesi otomobilin ortaya çıkıp gelişmesinde birincil öneme sahip bir etkide bulunmuştur. Otomobillerin gelişmesi yaygınlaşmalarını da beraberinde getirmiş, bu durum da enerji gereksinimini sanayinin diğer dallarında olduğu gibi artırmıştır. Ne var ki petrol gibi üretim maliyeti verdiği enerjiye göre oldukça düşük olan bir yakıt günümüze kadar yeni ve alternatif oluşturabilecek bir hareket ve enerji kullanım modelinin oluşmasını sekteye uğratmıştır.

Otomobiller tasarım açısından 20. yüzyıl boyunca, deneysel çalışmalar haricinde neredeyse değişmeyen bir kimliğe sahip olmuşlardır. Ancak, ekonomik nedenlerle üretimi durdurulan elektrik temelli araçlar benzinli motorlardan önce geliştirilmişlerdir. Elektrikli araçların tekrar gündeme gelmesi ekonomik ve çevresel kaygılar nedeniyle olmuştur. Deneysel alışmalar bu kaygılara bir çözüm önerisi olarak sunulmuş, bu durum da elektrikli araçların üretilmesi için çok geçerli bir neden olarak ortaya çıkmıştır. Geliştirilen pil ve motor türleri, elektrikli araçların önündeki en büyük engel olan hareket süresi ve hızını artırmıştır.

Önceki bölümlerde incelenen otomobil tasarımı tarihindeki belli başlı örnekler karşılaştırıldığında, tasarımı şekillendirici ortak unsurların atsız arabanın geleneksel formu ile hareket aksamlarının oldukları görülmektedir. Endüstriyel tasarım otomobil tasarımına, bir meslek olarak yetkinleştiği dönemlerden beri katkıda bulunmaktadır. Ancak otomobilde meydana gelen değişimler mekanik performans iyileştirmeleri, iç tasarım, dış form çalışmaları ve sürüş güvenliği gibi alanlarda meydana gelmiştir. Ne var ki bu değişimlerin otomobilin temel konseptinde köklü bir değişikliğe neden olduğu söylenemez. Bu güne kadar gelinen süreçte sanat akımlarının, kültürel kimliklerin ve teknolojik gelişmelerin yönlendirmeleriyle biçimlenmiş bir otomobil kavramı oluşmuştur.

Bugün tasarımın ürüne kazandırdığı kimlik, o ürünün satış başarısı için işlevi kadar önemli bir hale gelmiştir. Hele otomobil gibi bir ürün söz konusu olduğunda bu önem hem artmakta hem de boyutlanmaktadır. Çünkü otomobil önceki bölümlerde bahsedildiği gibi toplumla, kentle ve bu iki öğenin etkileşimiyle doğrudan temas halinde olan bir üründür. Ülke ekonomileri için de

ayırt edici öneme sahip ekonomik bir avantajdır. Dolayısıyla endüstriyel tasarımcıların bu ürünü tasarlarken dikkate almaları gereken kriterlerin oldukça fazla olduğu sonucuna varılabilir.

Sektör lideri olan otomobil üreticilerinin endüstriyel tasarımı reklamcılıkla birlikte ağırlıklı olarak satış artırıcı bir unsur olarak kullanmaları, otomobilin gelişme potansiyelini azaltmıştır. Buna ek olarak endüstriyel tasarımın dikkati satışa odaklayarak pazarlama departmanlarına kaydırılması, bu disiplinin toplum ihtiyaçlarına kuvvetli bir refleksle yanıt bulmasını zorlaştırmıştır. Otomobillerin çok karmaşık mekanik hareket elemanlarına sahip olmaları, endüstriyel tasarımcıların otomobile müdahale alanlarını sınırlayıcı bir diğer önemli nitelik olmuştur. Pazarlamanın kimlik belirlemede çok etkin kullanılması, otomobillerin toplum ihtiyaçlarının yanında toplumsal sınıflara göre de kategorize edilmesi sonucunu doğurmuştur.

Çalışmanın daha önceki bölümlerinde otomobilin gelişim süreci incelenirken başlıklar halinde sıralanan dönemler otomobil kimliğinin bir bakıma kırılma ya da sıçrama noktaları olmuştur, denilebilir. Örneğin Petrol Krizi gibi ekonomik bir etken otomobil tasarımlarında zorunlu bir değişimi de beraberinde getirmiştir. Böyle bir krizin oluşmaması durumunda otomobilin kimliğindeki olası değişimin kestirilemezliği, bu kimliğin oluşumunun sözü edilen dış etkenlere ne derece bağlı olduğunun bir göstergesi olarak gösterilebilir.

Ulaşımın ve alt kümesi olan kara taşımacılığının modern ekonomilerin gelişiminde ne derece önemli bir rol oynadığı ortadadır. Hammaddelerin ve ihtiyaç maddelerinin olabildiğince hızlı ve ucuz bir şekilde taşınması gerekliliği toplumların ekonomik gidişatlarını birinci elden etkilemektedir. Kullanılan yakıtların ve taşıtların maliyetleriyle verimlilik dereceleri de bu hızlı ve ucuz taşımacılık gerekliliğinin belirleyici nitelikleridir. Endüstriyel tasarımın yaygınlaşması, teknolojik gelişmeler ve çevresel sorunlar, ekonomik gerekliliklerle birlikte bugün var olan ulaşım ve özelindeki otomobil paradigmasının sorgulanması gerekliliğini doğurmuştur. Endüstriyel tasarım diğer disiplinlerden farklı olarak ortaya konulması gereken yeni otomobil

paradigmasıyla diğer unsurların çizdiği çerçeveleri tasarımı oluşturmada dengeli bir şekilde bütünleştirebilecek stratejik bir konuma sahiptir.

Teknolojik gelişmeler önceden planlanamazlar. Bilimsel araştırmaların keşif ve bulgularıyla oluşurlar. Toplum da politika, ekonomi, sanat, kültür gibi çok önemli etkenlerle şekillenir. Otomobil tasarımını etkileyen ana öğeler, yukarıda sayılan nedenlerden ötürü bir bakıma edilgen bir seyir izleye gelmiştir. Ancak bu nedenleri inceleyip otomobile olan etkilerini düzenleyerek optimum bir şekilde ürüne aktarabilme yetisine sahip bir disiplin olan endüstriyel tasarım, oluşan yeni teknolojileri ve toplum ihtiyaçlarını değerlendirip, dünyamızın ekolojik dengelerini de gözeterek bilinçli bir şekilde kimlik tanımı yapabilir durumdadır.

Ancak bu kimlik tanımının gelişmemesinin önemli bir nedeni ekonomik dengelerdir. Otomobilin geleceği için söz sahibi nitelikteki büyük otomobil üreticileri ekonomik kaygılar ve petrol şirketlerinin baskılarıyla yenilenebilir kaynaklı otomobil çalışmalarını ya iptal etmiş ya da askıya almışlardır. Bu büyük üreticilerinin yeni bir tür otomobil tasarımları maalesef yasal yükümlülüklerin zorlaması haricinde konsept çalışmalardan öteye gitmemiştir. Yapılan konsept çalışmalar da büyük bir oranda mevcut otomobil modellerinin iç bölümlerinde hareket sistemlerinin değiştirilmesiyle sınırlı kalmıştır.

“Güçlü, ağır otomobil” kavramının yeni nesil ulaşım araçlarıyla olan çelişkisi şartlar değerlendirildiğinde daha da açığa çıkmaktadır. Geleneksel araçların çevreye verdiği zararın boyutları, otomobilin gücünün çok büyük bir bölümünü aracın kendisini hareket ettirmesine harcaması, statü simgesi olması için ulaşım işlevinin üzerine kültürel ve sınıfsal kimliklerin giydirilmesiyle satış fiyatının artırılması, bu çelişkilerden en önemlileridir. Var olan otomobil kimliği, ekonomik olarak iyi durumda olmayan kullanıcıların ulaşım ihtiyacını karşılamaktan uzaktır.

Yeni bir otomobil tanımı yapılırken dikkat edilmesi gerekli olan gelişmeler özetlenecek olursa ilk elde elektrikli veya hidrojen yakıtlı hareket aksamları,

yenilenebilir nitelikteki enerji kaynakları, bu kaynakların toplum ve ekonomiyle olan ilişkileri, klasik otomobilin tarihi misyonu ve işlevsel nitelikleri sıralanabilir.

Kullanıcı alışkanlıkları yeni otomobillerin toplumsal kabulü için bir engel olarak görülebilir. Geleneksel otomobillere yüklenen “prestij objesi” olma durumu ve “statü simgesi” sayılması gibi etkenler yeni otomobillerin kabul edilebilirliği önünde bir diğer engel olarak düşünülebilir. Ancak önceki bölümlerde bahsedilen yenilikçilik-memnuniyet seviyesinin dikkatli bir düzeyde seyretmesi, yeni otomobillerin üretimlerinde daha az malzeme kullanılması ve maliyetlerinin düşmesi, çevreye olumlu etkilerinin geleneksel otomobillere göre çok daha fazla olması ve bu anlamda yükselen çevresel endişelerin bir anlamda giderilme çabası bu otomobillerin toplumda kabulünü sağlayıcı etkenler olacaktır.

Günümüzde yenilenebilir kaynaklarla çalışan otomobillerin hareket sistemlerine, hacimlerine ve ağırlıklarına göre kategorizasyonlar yapılmaya başlanmıştır. Yakın gelecek için öngörülen kent ve toplum yapısına, yaşam biçimlerine bu otomobillerin endüstriyel tasarımcılar aracılığıyla bazı ortak noktalarda ortaklaştırılarak uyumlanması mümkün ve gereklidir. Endüstriyel tasarım disiplininin buradaki önemli bir sorumluluğu da kullanıcı ile yeni otomobilin ilişkisini yeniden düzenlemesidir.

Gelinen bu noktada endüstriyel tasarımın yakın bir gelecekte oluşması gerekli olan yeni ulaşım paradigması içinde otomobil kavramını yeniden tanımlaması gerekmektedir. Yukarıda bahsedilen geleneksel otomobil kavramının işlevsel özellikleri, geliştirilen çevreyle barışık hareket sistemleri, yenilenebilir enerji kaynakları, kullanıcı alışkanlıkları ve beklentileri, toplum ve çevre dokusu tasarım sürecine dahil edilmelidir.

Otomobil için yapılması gerekli bu kimlik tanımında önceliklerin yeniden düzenlenmesi, toplum ve ekoloji için bir zorunluluktur. Yeni hareket sistemlerinin geleneksel örneklere oranla basit yapıda olmaları, verimli çalışmaları ve çevresel durumun ortaya koyduğu yükümlülükler, kullanıcı alışkanlıkları ve satış artışı gibi parametrelere baskın gelerek ana belirleyici etken olmalıdırlar. Endüstriyel tasarımın bakış açısı da göreceli ve değişken olan bu parametrelere olan

bağlılığını azaltarak bilimsel bir bakış açısıyla sorumluluklarını yeniden tanımlayarak değişmeli ve otomobilin kimliğini, diğerlerinden farklı bir şekilde ilk kez bilinçli bir kırılma yaratarak yeniden tanımlamalıdır.

KAYNAKLAR

- Acaroğlu M. (2003), *Alternatif Enerji Kaynakları*, Atlas Yayınları, İstanbul.
- Agarwal A.K. (2006), *Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines*, *Progress in Energy and Combustion Science*, **33**, 233–271.
- Ana Britannica (1990), Ana Yayıncılık, İstanbul.
- Anderson J. ve Anderson C.D. (2004), *Electric and Hybrid Cars: A History*, McFarland, North Carolina, A.B.D..
- Anonim (1987), *Ortak Geleceğimiz*, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayınları, Ankara.
- Anonim (1990), *The Potential of Renewable Energy: An Interlaboratory White Paper*, U.S. Department of Energy, TP-260-3674, Washington, A.B.D..
- Anonim (1997), *The Automobile: A Century of Progress*, SAE International, Warrendale, A.B.D..
- Anonim (1998), *Benign Energy?: The Environmental Implications of Renewables*, OECD, Paris, Fransa.
- Anonim (2007), *Biofuels for Transport: Global Potential and Implications for Sustainable Energy and Agriculture*, Cromwell Press, Mowbridge, İngiltere.
- Barker R. (1970), *Automobile Design: Great Designers and Their Work*, David&Charles Publishers, Devon, İngiltere.
- Boyle G. (1996), *Renewable Eergy: Power for a Sustainable Future*, Oxford University Press, Oxford, İngiltere.
- Bradley T.H. ve Frank A. A. (2007), *Design, demonstrations and sustainability impact assessments for plug-in hybrid electric vehicles*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **13**, 115–128.
- Büyük Larousse (1992), Interpress Basın ve Yayıncılık, İstanbul.
- Corbett D. (1999), *Otomobiller*, Alkım Yayınevi, Ankara.
- Coughlan ve Mashman (1999), *Once is not enough: repeated exposure to and aesthetic evaluation of an automobile design prototype*, *Design Studies*, **20**, 533-563.

- D'Agostino S. (1993), *The Electric car: A historical survey on the motives driving its existence*, IEEE Potentials, 0278-6648, 30-31.
- Elçioğlu, M. (2003), *Otomobil tasarımının gelişim süreci ve bu sürece etki eden faktörler üzerine bir araştırma*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gifford C. (2003), *Her Yönüyle Otomobiller*, Tübitak Yayınları, Ankara.
- Goetzberger A. ve Hoffmann V.U. (2005), *Photovoltaic Solar Energy Generation*, Springer, Berlin, Almanya.
- Görmez K. (2007), *Çevre Sorunları*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Graedel T.E. ve Allenby B.R. (1998), *Industrial Ecology and the Automobile*, Prentice Hall, New Jersey, A.B.D..
- Granovskii M., Dinçer İ., Rosen M.A. (2006), *Economic and environmental comparison of conventional, hybrid, electric and hydrogen fuel cell vehicles*, Journal of Power Sources, **159**, 1186–1193.
- Gündüz T. (2004), *Çevre Sorunları*, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Gürsoy U. (1999), *Dikensiz Gül: Temiz Enerji*, İskenderun Çevre Koruma Derneği Yayını, İskenderun.
- Gürsu H. (2008), *Alternatif Enerji Kaynakları: Güneş Enerjisi*, Bilim ve Teknik, **485**, 102-103.
- Hanks ve Hoy (2005), *American Streamlined Design: The World of Tomorrow*, Flammarion, Paris, Fransa.
- Hollander J. M. (1992), *The Energy-Environment Connection*, Island Press, Washington, D.C., A.B.D..
- Hotchkiss R., Livingston W., Hall M. , *Waste/Biomass Co-Gasification With Coal*, Crown, COAL R216, 2002.
- Hotkinson R. ve Fenton J. (2001), *Lightweight Electric/Hybrid Vehicle Design*, Butterworth-Heinemann, Oxford, İngiltere.
- Høyer K.G. (2007), *The history of alternative fuels in transportation: The case of electric and hybrid cars*, Utilities Policy, **16**, 63-71.
- İçli S. (2008), *Güneş Pilleri Güneş Hücreleri*, Bilim ve Teknik, **482**, 16-17.

- Karden E., Ploumen S., Fricke B., Miller T., Snyder K. (2006), *Energy storage devices for future hybrid electric vehicles*, Journal of Power Sources, **168**, 2–11.
- Karner D. ve Francfort J. (2007), *Hybrid and plug-in hybrid electric vehicle performance testing by the US Department of Energy Advanced Vehicle Testing Activity*, Journal of Power Sources, **174**, 69–75.
- Kreith F. ve Goswami D. Y. (2007), *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy*, CRC Press, Florida, A.B.D..
- Larminie J. Ve Lowry J. (2003), *Electric Vehicle Technology Explained*, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, İngiltere.
- Lindsay, R. B. (1975), *Energy: Historical Development of the Concept*, Halsted Press, Pennsylvania, A.B.D..
- Luque A. ve Hegedus S., *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, John Wiley and Sons Ltd., West Sussex, İngiltere.
- McShane C. (1997), *The Automobile: A Chronology of Its Antecedents, Development and Impact*, Greenwood Press, Westport, Connecticut, A.B.D..
- Nersesian, R. L. (2007), *Energy for the 21st Century: A Comprehensive Guide to Conventional and Alternative Sources*, M.E. Sharpe Inc., New York, A.B.D..
- Orsato R.J. ve Wells P. (2006), *The Automobile Industry & Sustainability*, Journal of Cleaner Production, **15**, 989-993.
- Riley R.Q. (1994), *Alternative Cars in the 21st Century: A New Personal Transportation Paradigm*, SAE International, Warrendale, PA, A.B.D..
- Rossel U. (2006), *Does a hydrogen economy make sense?*, Proceedings of the IEEE, **94**, 1826-1837.
- Schäfer A., Heywood J.B., Weiss M.A (2007), *Future fuel cell and internal combustion engine automobile technologies: A 25-year life cycle and fleet impact assessment*, Energy, **31**, 2064-2087.
- Schell A., Peng H., Tran D., Stamos E., Lin C.C., Kim M.J. (2005), *Modelling and control strategy development for fuel cell electric vehicles*, Annual Reviews in Control, **29**, 159–168.
- Schlager N. ve Weisblatt J. (2006), *Alternative Energy*, Thomson Gale, Michigan, A.B.D..

- Sorensen B. (2004), *Renewable Energy: Its Physics, Engineering, Use, Environmental Impacts, Economy and Planning Aspects*, Elsevier Academic Press, Roskilde, Danimarka.
- Steinhart C. E. (1974), *Energy: Sources, Use and Role in Human Affairs*, Duxbury Press, California, A.B.D..
- Şen Z. (2002), *Temiz Enerji ve Kaynakları*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Şenel A. (2004), *Siyasal Düşünceler Tarihi: Tarihöncesinde İlkçağda Ortaçağda ve Yeniçağda Toplum ve Siyasi Düşünüş*, Bilim ve Sanat Yayınları, Ankara.
- Şenyapılı Ö. (2005), *20. Yüzyılda Otomobil Tasarımı ve Tasarımcıları*, Boyut Yayıncılık, İstanbul.
- Tanilli S. (2004), *Uygarlık Tarihi*, Adam Yayınları, İstanbul.
- Taylor R. H. (1983), *Alternative Energy Sources for the Centralised Generation of Electricity*, Adam Hilger Ltd. Bristol, İngiltere.
- Wakefield E.H. (1998), *History of the Electric Automobile: Hybrid Electric Vehicles*. SAE International, Warrendale, PA, A.B.D..
- Westbrook M.H. (2001), *The Electric Car: Development and Future of Battery, Hybrid and Fuel-Cell Cars*, SAE International, Warrendale, PA, A.B.D..
- Yılmaz T. (2004), *Bireysel ulaşım araçları ve çevre ilişkisine endüstriyel tasarım açısından bir bakış*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.

İnternet Siteleri

- http 1, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Petrol>, (11-27-2008).
- http 2, http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Oilfields_California.jpg, (11-27-2008).
- http 3, <http://tr.wikipedia.org/wiki/OPEC>, (11-27-2008).
- http 4, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Kömür>, (11-27-2008).
- http 5, <http://www.worldcoal.org/pages/content/index.asp?PageID=188>, (11-27-2008).

http 6, <http://www.worldcoal.org/pages/content/index.asp?PageID=104>, (11-27-2008).

http 7, http://tr.wikipedia.org/wiki/Doğal_gaz, (11-27-2008).

http 8, <http://www.infoplease.com/ipa/A0872966.html>, (11-27-2008).

http 9, <http://www.newenergy.org/sesci/images/dia4eng.gif>, (11-27-2008).

http 10,

http://www.daviddarling.info/encyclopedia/A/AE_active_solar_energy_system.html, (11-27-2008).

http 11,

http://www.daviddarling.info/encyclopedia/F/AE_flat_plate_solar_thermal_collector.html, (11-27-2008).

http 12,

http://www.builditsolar.com/Projects/Concentrating/SOLRCONC_files/25P09B.GIF, (11-27-2008).

http 13, <http://www.greenoptimistic.com/2008/02/25/how-solar-parabolic-dish-concentrators-work>, (11-27-2008).

http 14, http://www.fao.org/inpho/content/compnd/text/ch23_02.htm, (11-27-2008).

http 15, http://www.fao.org/inpho/content/compnd/img/ch23/figure_15.jpg, (11-27-2008).

http 16, http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Standard_of_Ur_chariots.jpg, (11-27-2008).

http 17, http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Coke_burning.jpg, (11-27-2008).

http 18,

http://inventors.about.com/library/inventors/bl_history_of_transportation.htm, (11-27-2008).

http 19, <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:FardierdeCugnot20050111.jpg>, (11-27-2008).

http 20, <http://www.rug.nl/museum/geschiedenis/hoogleraren/stratingh>, (11-27-2008).

http 21,

<http://www.rug.nl/museum/geschiedenis/hoogleraren/karretjeStratingh.jpg>, (11-27-2008).

- http 22, http://bp2.blogger.com/_UYUyHACXkrA/R-leykUpnxI/AAAAAAAAACDg/Xx2zk0DDsBk/s400/The%2B35%2Bhp%2BMercedes%2Blaunched%2Bin%2B1901.jpg, (11-27-2008).
- http 23, <http://oldcarandtruckpictures.com/ModelTFord/1908ModelTFord-b.jpg>, (11-27-2008).
- http 24, www.autoclasicos.net, (11-27-2008).
- http 25, http://www.automotto.org/images/tatra_77_1934.jpg, (11-27-2008).
- http 26, <http://www.seriouswheels.com/pics-1930-1939/1938-VW-Beetle-Cabriolet-1280x960.jpg>, (11-27-2008).
- http 27, http://img.timeinc.net/time/2007/50_cars/chrysler_airflow.jpg, (11-27-2008).
- http 28, http://en.wikipedia.org/wiki/Turbo_charger, (11-27-2008).
- http 29, http://www.carlist.com/video/1947_Tama.jpg, (11-27-2008).
- http 30, http://tr.wikipedia.org/wiki/Rachel_Carson, (11-27-2008).
- http 31, http://www.sciencemuseum.org.uk/images/object_images/535x535/10221430.jpg, (11-27-2008).
- http 32, www.hydrogencarsnow.com/gm-electrovan.htm, (11-27-2008).
- http 33, <http://evalbum.com/imgm.php?n=1605b.jpg&w=300&h=225>, (11-27-2008).
- http 34, <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/23/Citicar.jpg/250px-Citicar.jpg>, (11-27-2008).
- http 35, <http://img408.imageshack.us/img408/4169/1980zw9.jpg>, (11-27-2008).
- http 36, <http://graphics8.nytimes.com/images/2006/07/23/automobiles/23elec1.600.jpg>, (11-27-2008).
- http 37, http://www.cartype.com/pics/5613/small/icon_chassis.jpg, (11-27-2008).
- http 38, <http://www.teslamotors.com>, (11-27-2008).