

GÜNEŞ ENERJİSİ VE LED İLE ETKİN ENERJİ KULLANIMI: YOL AYDINLATMALARINA YÖNELİK BİR UYGULAMA

Deniz TÜRSEL ELİİYİ*
Tayfun ÇAYLAN²

¹İzmir Ekonomi Üniversitesi, İşletme Bölümü, Balçova, İzmir, deniz.eliiyi@ieu.edu.tr
²Uğur Soğutma A.Ş., Nazilli, Aydın, tcaylan@ugur.com.tr

Geliş Tarihi: 2 Ocak 2008; Kabul Ediliş Tarihi: 7 Nisan 2008
Bu makale 1 kez düzeltilmek üzere 17 gün boyunca yazarlarda kalmıştır.

ÖZET

Ülkemiz, özellikle birincil enerji kaynaklarında %80 gibi yüksek bir oranda dışa bağımlılık içindedir. Bu bağımlılık ülkemiz için çok ciddi ekonomik ve politik riskleri beraberinde getirmektedir. Çalışmamız, ülkemizin sahip olduğu doğal bir kaynağı aktif bir enerji kaynağına dönüştürmeyi hedefleyen alternatif bir proje önerisini içermektedir.

Bu kapsamda zengin bir potansiyele sahip olduğumuz güneş ışınlarının elektrik enerjisine dönüştürülmesinin ve yol aydınlatmada kullanımının kazanımları detaylandırılmıştır. Buna göre yaklaşık 1000 aydınlatma direkli bir sistemde ayrıntılı bir maliyet ve fizibilite analizi yapılmış, paranın zamansal değeri de göz önüne alınarak geri dönüşüm süreleri ve geri dönüşüm oranları hesaplanmıştır. Bu çalışmayla amaçlanan, gelecekte bu yönde yapılacak diğer çalışmalara bir referans kaynak yaratmak ve yapılacak yatırımlara temel teşkil etmektir.

Anahtar Sözcükler: Güneş Enerjisi, Yol Aydınlatması, LED, Ekonomik Analiz.

EFFICIENT ENERGY UTILIZATION THROUGH SOLAR ENERGY AND LED: AN APPLICATION IN ROAD ILLUMINATION

ABSTRACT

Our country is experiencing a 80% external dependence especially in primary energy sources. This dependency brings out crucial economic and political risks. This study includes the development of an alternative project on utilizing the energy from an abundant natural resource in the country, that is, the solar energy.

In this respect, the benefits of the transformation of solar energy to electrical energy are analyzed in detail, specifically for usage in road illumination. A detailed cost and feasibility analysis is performed for a road illumination system of 1000 poles. The time value of money is taken into account in doing the analysis. Present net worth, payback period and internal rate of return for different alternatives are assessed. This study is intended as a pilot study for further analysis. The intention is therefore to form a reference to further studies on the subject, and to provide a useful tool for future investment considerations.

Keywords: Solar Energy, Road Illumination, LED, Economic Analysis.

* İletişim yazarı

1. GİRİŞ

Enerji, son yıllarda dünya genelinde üzerine politikaların geliştirildiği ve uğruna çıkar çatışmalarının savaflara dönüştüğü çok önemli bir değer haline gelmiştir. Enerji artık ekonomik ve sosyal kalkınmanın en önemli bileşenlerinden biridir ve yaşam standartlarının yükselmesinde hayati rol oynamaktadır. Ülkelerin sürdürülebilir bir kalkınma göstermesinin en önemli girdisini kaliteli bir enerji arzının oluşturduğu tüm dünyaca kabul gören bir gerçektir.

Ülkemiz, 2006 yılında enerji ithalatına 28 milyar dolar ödemiştir¹. 2007 yılında bu değer 30 milyar doları aşması beklenmektedir. Dış Ticaret açığımızın 40 milyar dolar düzeylerinde olduğu gerçeğiyle, bu açığı oluşturan en önemli kalemi enerji ithalatına ödediğimiz bedellerin oluşturduğu gözlemlenmektedir.

Türkiye’de enerji kaynaklarının tüketim dağılımı Tablo 1’de görülmektedir.

2007-2013 yıllarını kapsayan Dokuzuncu Kalkınma Planı’nda yer alan öngörülere göre, 2013 yılında ülkemizin enerji ihtiyacının 147,4 MTEP (Milyon Ton Eşdeğer Petrol) olması beklenmektedir (Resmi Gazete, Sayı: 26215). Bu değer, 2006 yılına göre %56

artış anlamına gelmektedir. Türkiye’nin bu yüksek miktardaki artışı karşılayacak yeni kaynakları bulması bir zorunluluktur. Aksi takdirde, ciddi bir enerji darboğazıyla karşılaşılması kaçınılmaz olacaktır.

Ülkemiz enerji kaynaklarının önemli bir bölümü elektrik üretimi amaçlı kullanılmaktadır. Toplam 40.980 MW kurulu gücümüzün %45’lik kısmını doğal gaz, fuel oil, ithal kömür gibi yurt dışından ithal kaynakla çalışan santraller oluşturmaktadır. Geri kalan %55 ise, %32,5 hidroelektrik ve %20,8 termik (yerli kömüre, özellikle linyite dayalı) santrallerden oluşmaktadır.

Görüldüğü gibi, ülkemiz elektrik ihtiyacının yarısına yakın kısmı ithalata dayalı bir döngü içindedir. Bu durum önemli kısıtlar getirmekte, ekonomik ve siyasi bağımsızlığı tehdiye kadar uzanabilecek riskler içermektedir.

Türkiye özellikle birincil enerji kaynaklarında %80 oranında bir dışa bağımlılık içinde olmasına rağmen, bu bağımlılığı kıracak önemli alternatiflerini yeteri kadar değerlendirememektedir.

Özellikle yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin olan ülkemiz, bu zenginliğini yeterince kullanamamaktadır. Tablo 2’de bu durum net

Tablo 1. Türkiye’nin Enerji Tüketimi Dağılımı

Kaynak	2005-MTEP	2005-%	2006-MTEP	2006-%
Petrol	32,2	36,1	32,6	33,2
Doğal Gaz	24,7	27,7	28,9	29,5
Kömür	21,8	24,5	25,9	26,4
Hidroelektrik	3,5	3,9	3,9	4,0
Diğer	6,9	7,7	6,8	6,9
Toplam	89,1	100,0	98,1	100,0

Kaynak: <http://www.enerji.gov.tr/istatistik.asp>

Tablo 2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kullanım Değerleri (1.000 TEP)

Yerli Kaynak	Hidroelektrik	Rüzgar	Jeotermal	TOPLAM
Teknik Potansiyel	7.500	2.500*	5.500	15.500
Kullanım	3.880	11	1.081	4.972
Kullanım (%)	51,73	0,44	19,65	32,08

* : Rüzgar için verilen değerler Ekonomik potansiyeldir. Teknik Potansiyel 19.000 MTEP.

Kaynak: http://www.enerji.gov.tr/istatistik_belge/enerji_istatistikleri/gecmis_yillar/.

¹ <http://www.hazine.gov.tr/stat/e-gosterge.htm>

bir şekilde görülmektedir. Tabloda yer almayan güneş enerjisinin kullanılan kısmı neredeyse sıfır değerindedir.

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Elektrik İşleri Etüd İdaresi (E.İ.E.İ) tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık güneşlenme süresi 2.640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1.311 kWh/m²-yıl (günlük 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Bu bilgiler ışığında, ülkemizin Güneş enerjisindeki teknik potansiyelinin 87 MTEP (Milyon Ton Eşdeğer Petrol) olduğu hesaplanmaktadır. Ancak bu değerlerin 1966-1982 yılları arasında yapılan ölçümlere dayandığını, günümüzde yapılmakta olan daha sağlıklı ölçümlerin %20-25 daha yüksek sonuçlar verdiğinin yine E.İ.E.İ. tarafından açıklandığını belirtmekte fayda vardır.

Bu çalışmada, yukarıda özetle ifade edilen ülkemiz enerji tüketim sorunu içinde, küçük değerde olduğu için genelde ihmal edilen genel aydınlatmaya yönelik bir alternatif uygulamanın analizi yapılmıştır. Bu tip çalışmalar dünya literatüründe mevcuttur. Örnek olarak, Muhs (2001) güneş enerjisine dayalı hibrid aydınlatma sistemlerinin tasarım ve analizi üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışmada evlerde kullanılan aydınlatma sistemleri incelenmiş, var olan aydınlatma sistemlerine göre özellikle çevresel yönden kazanımlar incelenmiştir. Çalışmada basit bir geri dönüşüm periyodu hesabı da bulunmaktadır ancak ayrıntılı bir ekonomik analiz yapılmamıştır. Bir başka çalışmada Kalogirou (1996) konuyu çevresel değil ekonomik yönden ele alarak bir hesap çizelgesi (spreadsheet) yoluyla detaylı bir ekonomik analiz yapmaya çalışmıştır. Bizim çalışmamız her iki analizi de içermektedir.

Önemi büyük olmasına rağmen ülkemizde yapılan bilimsel çalışmalar arasında yenilenebilir enerji kaynaklarına dair ekonomik ve çevresel analiz içeren herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamızın bu boşluğu doldurması amaçlanmaktadır.

Yapılan analizde tüketilen elektriğin azaltılması, hatta şebekeye geri beslemeli yatırımların planlanması mümkün gözükmemektedir. Hedeflenen, oldukça

yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip Türkiye'de bu enerji kaynağının kullanımına yönelik bir pilot uygulama geliştirilerek diğer alanlarda da uygulamaya koyulabilecek bir kaynak oluşturmaktır. Çalışmada geliştirilen ilk alternatif mevcut durumda kullanılan genel aydınlatma lambaları yerine LED (Light Emitting Diyote: Işık Yayan Diyot) lamba kullanımını, ikinci alternatif ise LED lambaların PV (Fotovoltaik) güneş panelleriyle kombinasyonunu içermektedir.

Yapılan analizlerde sadece elektrik tüketimindeki azalma yönü irdelenmemiş, bu kazanımın çevresel faydaları da ortaya koyulmuştur. Tasarruf sonucu doğaya bırakılacak CO₂ emisyonundan sağlanacak azalma ve bu CO₂ emisyonunu doğada nötrlemek için gerekli olacak bitki örtüsüne yönelik analizler de çalışmada yer almaktadır.

İkinci bölümde geliştirilen alternatif önerilerle ilgili ayrıntılı bilgi yer almaktadır. Üçüncü bölümde alternatiflerin sayısal analizi yapılmış ve sonuçlar özetlenmiştir. Son bölümde ise çıkan sonuçların değerlendirilmesi ve ülke ekonomisine sağlayacağı katkılar tartışılmıştır.

2. GENEL AYDINLATMAYA İLİŞKİN BİR ÖNERİ

Güvenli ve konforlu bir yaşamın temel gereksinimlerinden birini kent içi yol aydınlatmaları oluşturmaktadır. Özellikle çağdaş şehircilik anlayışı içerisinde bu aydınlatmaların önemi büyüktür. Gündüze oranla yoğunluğunda %50 seviyelerinde azalma olmasına karşın, gece yeterince aydınlatılmamış yollarda meydana gelen ölümcül kazalarda 3 kat artış olduğu açıklanmaktadır. Genel aydınlatmanın bir diğer etkilediği alan ise suçları önlemedeki etkisidir. Belirlenmiş standartlara göre gerçekleştirilen kent içi sokak ve cadde aydınlatmalarının, suç işleme oranlarında %20, suçların şiddetinde de %40 oranında azalmalara sebep olduğu gözlemlenmiştir (Onaygil vd., 2005).

İllere göre farklılık göstermekle birlikte, sokak aydınlatmalarının toplam elektrik tüketimi içindeki payı %3 seviyesindedir. Bu oran reklam amaçlı aydınlatmalar ve bina cephe aydınlatmalarının eklenmesiyle %10 mertebelerine ulaşmaktadır.

Önerilen tasarruf ile ülkedeki toplam tüketimin %3'ü kadar bir enerji tasarrufu sağlanabilecektir ki bu da orta büyüklükte bir santralin üreteceği enerjiye eşit bir değerdir. Enerji tasarrufunun, lambaların gelişigüzel söndürülmesi veya hiç tesisat yapılmaması ile değil, görüş koşullarını sağlayan ve en az bakım gerektiren minimum maliyetli tesisatlarla gerçekleştirilebileceği akıldan çıkarılmamalıdır.

Dış aydınlatmanın önemiyle birlikte aydınlatmada kullanılan ışık kaynaklarının çeşitleri ve özellikleri de büyük önem arz etmektedir. Günümüzde kullanılan yapay ışık kaynakları başlıca dört ana grupta toplanmaktadır (Dedeoğlu, 2006):

- 1- Akkor Telli Lambalar
- 2- Deşarj Lambaları
 - a - Yüksek Basıncılı Civa Buharlı Lambalar
 - b - Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı Lambalar
 - c - Alçak Basıncılı Civa Buharlı Lambalar (Flüoresan)
 - d - Alçak Basıncılı Sodyum Buharlı Lambalar
 - e - Metal Halojen Lambalar
- 3- Fiber Optik Sistemler
- 4 - LED Lambalar

Bu kaynaklar ve başlıca özellikleri aşağıda kısaca belirtilmiştir:

1 – Akkor Telli Lambalar: Akkor telli lambalarda ışık, içinden elektrik akımı geçirilen Tungsten flamanın akkor hale gelip ışıması sonucu elde edilir. En eski ve ucuz lamba tipidir.

2 – Deşarj Lambaları: Bu gruptaki lambalar, metal halojen lambalar dışında ömürleri uzun fakat etkinlik faktörleri düşük lambalardır. Lamba eskidikçe ışık verimi azalır. Nesnelerin gerçek renginin görünmesinin önemli kriter olmadığı şehir içi yol, meydan, park ve bahçe aydınlatmasında sıkça kullanılmaktadırlar. Kompakt flüoresanlar, hem enerji tasarrufu sağlaması hem de bol ışık üretmesi nedeniyle akkor telli lambaların yerine tercih edilebilmektedirler. Alçak basıncılı Sodyum buharlı lambalar en yüksek etkinlik faktörlü ışık kaynağıdır. Ekspres yollar, limanlar, yükleme boşaltma alanları ve güvenlik aydınlatması için uygun lambalardır. Metal Halojen lambaların ise ekonomik ömürleri çok kısadır. Renkli televizyon çekimlerinin yapılacağı açık hava spor sahalarında ve

beyaz rengin vurgulanmak istendiği bina dış cephe aydınlatmalarında kompakt ve etkin bir ışık kaynağı olarak metal halojen lambalar kullanılabilir.

3 – Fiber Optik Sistemler: Bu ışık sinyaliyle modüle edilmiş bilgiler cam üzerinde taşınırlar. Fiberi kaplayan kablolar ise, ışık taşıyan camın kırılmasına ve sinyal kaybına karşın bir koruma görevi üstlenirler. Fiber'ler ortalama insan saç boyutlarındadır. Kırılma ve sinyal kayıplarına karşı çok iyi korunmuş ve yapılandırılmışlardır.

Bu çalışmada, cadde ve sokak aydınlatmasında halihazırda kullanılan yüksek basıncılı sodyum veya civa buharlı lambalar yerine çok daha ekonomik ve çevreci olan LED lambaların ve güneş enerjisi panellerinin kullanılmasının getireceği avantaj ve dezavantajlar analiz edilmiştir. Bu lambalar hakkında genel bilgi önümüzdeki bölümde verilecektir.

Analize başlamak için öncelikle kent içi yol aydınlatmalarına yönelik olarak mevcut yönetmelikler gözden geçirilmiştir. Çalışmada başlıca iki alternatifin üzerinde durulmuştur. İlk alternatif, mevcut durumda kullanılan lambalar yerine önerilen LED lambalar üzerinedir. İkinci alternatifte ise LED lambaların PV (Fotovoltaik) güneş panelleriyle enerji beslemesinin yapılması söz konusudur. Çıkan sonuçlar değerlendirilecek ve çevre yönünden avantajlar irdelenecektir.

Bölüm 2.1 ve 2.2 geliştirilen alternatifler üzerine temel bilgiler içermektedir.

2.1. LED Lambalar ve Özellikleri

Alternatif önerimizi oluşturacak olan LED lambalara ilişkin bazı temel özellikler kısaca şunlardır:

LED'ler aslında yarı-iletken diyotlar olmakla birlikte, normal diyotlardan farklı olarak birleşme bölgelerinde yayınladıkları fotonlar aracılığıyla ışık verirler. Gerilim uygulanarak elektronları harekete geçirilen LED lamba ışık yaymaya başlar. Kızılötesinden morötesine kadar çok geniş spektrumda ışık verebilecek şekilde üretilirler.

LED'leri üstün kılan bazı özellikler:

- Uzun vadede daha ucuz enerji tüketim maliyetleri vardır.

- Civa, kurşun vb. ağır metaller içermez, çevre dostudur.
- Normal ampullerin ömrü 3000-5000 saat civarında, LED'lerin 100.000 saate yakın bir ömürleri vardır.
- Güneş Panelleri ile (Fotovoltaikler) uyum içerisinde çalışırlar.

2.2. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi

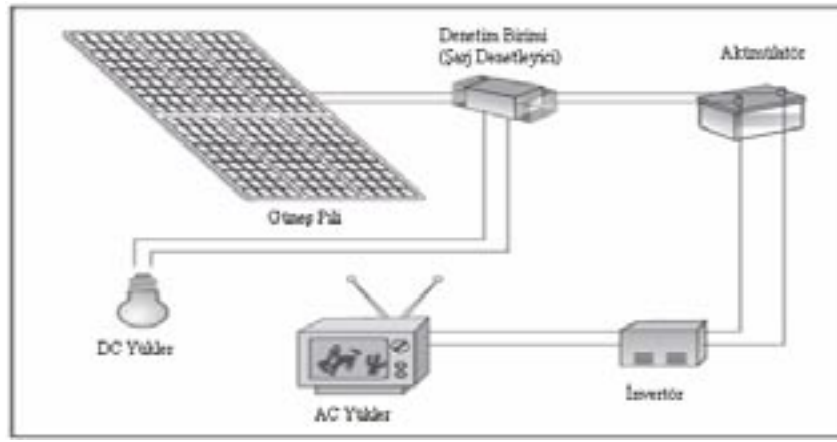
Güneş'ten gelen ışınımı elektrik enerjisine çeviren düzenekler güneş pili veya yaygın adıyla Fotovoltaik Panel (PV) olarak tanımlanmaktadır. Fotovoltaik piller ilk olarak 1839 yılında Fransız fizikçi Edmond Becquerel tarafından bulunmuş, daha sonraki dönemlerde 1954 yılında A.B.D'de Bell laboratuvarında geliştirilmiştir. İlk yıllarda daha çok uzay çalışmalarında uyduların güç gereksinimlerini karşılamak için kullanılmışlardır (Çıtıroğlu, 2000). Güneş pillerinin alternatif ve güvenilir bir üretim sistemi olarak dikkate alınmaya başlanması 1970'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizi sonucundadır.

Güneş pilleri, güneş ışığını doğru akım (DC) olarak elektrik enerjisine çevirirler. Elde edilen elektrik doğru akım olarak kullanılabilir gibi alternatif akıma (AC) dönüştürülerek de kullanılabilir, veya daha sonra kullanılmak üzere depolanabilir. Bu piller, ismi her ne kadar güneş pili olarak adlandırılrsa da her türlü ışık altında elektrik üretebilirler. Işık kaynağı ortadan kalkınca, pilin elektrik üretimi kesintiye uğrar. Üretilen elektriği daha sonra da kullanmak amaçlanıyorsa, devreye bir depolayıcı (akümülatör) eklenmelidir.

Güneş Panelleri günümüz teknolojisiyle %10 - %20 arasında bir verime sahiptir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş pili birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir, bu yapıya PV modülü adı verilir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak birkaç Watt'tan başlayarak istenilen enerji değerine kadar elektrik elde edilebilir.

En basit haliyle PV sistemler diğer elektrik üretim sistemlerine benzer olarak çalışır. Sadece kullandıkları ekipmanlar değişiktir. Sistemin operasyonel ve fonksiyonel ihtiyaçlarına bağlı olarak DC-AC dönüştürücü (inverter), akü, şarj kontrol ünitesi, yedek güç kaynağı gibi ekipmanlara ihtiyaç duyulabilir. Şekil 1'de görülebileceği gibi PV dizisi tarafından üretilen DC gerilim bir adet şarj kontrolünden geçirildikten sonra akü grubuna yollanır. Burada depolanan enerji ışınımın az olduğu saatlerde sisteme gerekli enerjiyi sağlar. Akü grubundan çıkan DC gerilim bir adet inverter yardımıyla AC gerilime dönüştürülerek evlerimizde kullanabileceğimiz şekle dönüştürülür.

PV panellerin kullanılacağı bir sistem tasarımında göz önüne alınması gereken temel bazı faktörler şunlardır: Uygulamanın tipi, hava koşulları, bir gün boyunca ne kadar zaman kullanılacağı, çekeceği akım, gerilim değerleri, mevsimlere göre güneş ışınımı değerleri değişmekte olduğundan sistemin çalışacağı bölgenin enlem ve boylam değerleri, modülün güneş ışığını en iyi alabileceği açı, vb.



Şekil 1. Fotovoltaik Sistemin Çalışma Prensipleri

Gerekli olan yük değerine göre, kullanılacak modül sayısı, bağlantı şekilleri (seri veya paralel) bulunur ve bu değere göre, akü sayısı hesaplanır. Kablo bağlantıları, devre kesiciler, sigortalar, topraklama ekipmanları seçilir. Sistemin tek başına veya destekli kullanılıp kullanılmayacağı belirlenir; şebeke sistemine bağlanarak mevcut sistemle birlikte çalışabilir.

3. SAYISAL ANALİZ

Sayısal analizler Manisa bölgesi baz alınarak yapılmıştır. Bu pilot çalışma ile analizlerin diğer kent ve yerleşim yerlerine uyarlanmasına yönelik pratik altyapının oluşturulması hedeflenmektedir.

Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi başlıca iki ana alternatifin analizi yapılmıştır:

1- Mevcut durumda kullanılan lambalar yerine ikame edilmesi önerilen LED lambaların güncel kurulum maliyetleri, güç tüketimleri, enerji sarfiyatı ve parasal değeri hesaplanmış, çıkan sonuç değerlendirilerek çevre yönünden avantajlar irdelenmiştir.

2- Birinci alternatifte elde edilen sonuçlara ek olarak, LED lambaların PV (Fotovoltaik) güneş panelleriyle enerji beslemesinin yapıldığı varsayılmış, gerekli olacak PV panellerin özellikleri, yatırım gereksinimleri ve tutarları dikkate alınarak yapılabilirliği ile sağlayacağı faydalar analiz edilmiştir.

Manisa-TEDAŞ Bölge Müdürlüğünden alınan bilgiye göre, Manisa-Merkez, çevre köy ve

kasabalarında toplam 150.000 adetten fazla armatür bulunmaktadır. Bu armatürlerin çok büyük bir çoğunluğu 125-150W ile çalışan tekli armatür olup, ana yol ve caddelerde ise her biri 250W ampule sahip çift armatürlü aydınlatma direkleri bulunmaktadır.

Çalışmada sadece ana yollarda bulunan çift armatürlü ve 250W ampullerin değişiminden kaynaklanacak yatırım ve sonuçları analiz edilmiştir. Hesaplama kolaylığı açısından, referans olarak 1000 adet direğin değiştiği göz önüne alınmıştır. Bunun için gereken yatırım maliyeti ve geri dönüşüm süresi hesaplanmıştır. Mevcut durumda kullanılan lambalar yerine önerilen LED lamba olarak, aydınlatma düzeylerini aynı kılacak özelliklerde olanı seçilmiştir.

Yapılan çalışmada, Avrupa Komisyonunun desteklediği PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System – Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi) programı kullanılmıştır².

Bu program vasıtasıyla elde edilmiş olan, Manisa Bölgesinin sahip olduğu güneş ışınımları ve bunların değerleri şu şekildedir. Manisa ili, 38°36'53" Kuzey ve 27°25'46" Doğu koordinatlarında yer almaktadır. Yıllık ortalama güneşlenme açısı 32°dir. Manisa iline ait değerler aylık olarak oluşturulmuş ve yapılan ön çalışmada bölgeye ait ortalama güneşlenme açıları Tablo 3'deki gibi elde edilmiştir.

Bu değerlerden oluşan özet çalışma ile, Manisa ilinin aylık güneşlenme süreleri hesaplanarak, Tablo 4 elde edilmiştir. Çalışmada yapılan kabullerden biri

Tablo 3. Manisa İli Aylık Ortalama Güneşlenme Açıları

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ortalama
İşınım Açısı	59	52	40	25	14	6	10	21	36	49	57	60	32

Tablo 4. Manisa İli Yıllık Ortalama Güneşlenme Değerleri

	Gün Sayısı	Güneş Doğuşu	Güneş Batışı	Net Aydınlık Süre (saat)	Net Karanlık Süre (saat)	Yıllık Toplam Aydınlık Süre (saat)	Yıllık Toplam Karanlık Süre (saat)
Toplam/Ortalama	365	06:23	18:11	11:48	12:12	4.311	4.449

² <http://sunbird.jrc.it/pvgis/>

de, güneşin doğduğu anda aydınlatmanın kesilip, battığı anda aydınlatmanın başlamasıdır.

Manisa iline ait olan güneşlenme açıları dikkate alınarak, PV Panellerde uygulanması düşünülen açı belirlenmiştir. Buna göre, yıllık ortalama güneşlenme açısı olan 32 derece dikkate alınarak, panellerin bu açıyla kurulması öngörülmüştür. Bu analize göre Manisa ili için PV panelden yıllık yararlanma grafiği Şekil 2'deki gibi oluşmaktadır.

Tasarımımızda, kullanılacak Akü, PV Panel gereksinimleriyle ilgili çalışma Tablo 5'te verilmiştir. "PV Sistem Hesaplayıcı" ihtiyaç duyulan AC ve DC yüklerine göre PV sisteminde yer alması gereken toplam pil sayısını ve güneş enerjisi panel modüllerini otomatik olarak hesaplayan bir sistemdir. Sistem bunu yaparken günlük parlak güneş ışınlarını alma saat sayısını dikkate almakta, ayrıca soğuk iklim ve çeşitli başka faktörler yüzünden enerji kullanımının verimlilik kaybını da göz önüne almaktadır. Bu sistemde Manisa ilinin günlük ortalama parlak güneş ışınlarını alma saat sayısı Şekil 2 ile paralel olarak hesaplanmış ve 9 saat olarak kabul edilmiştir.

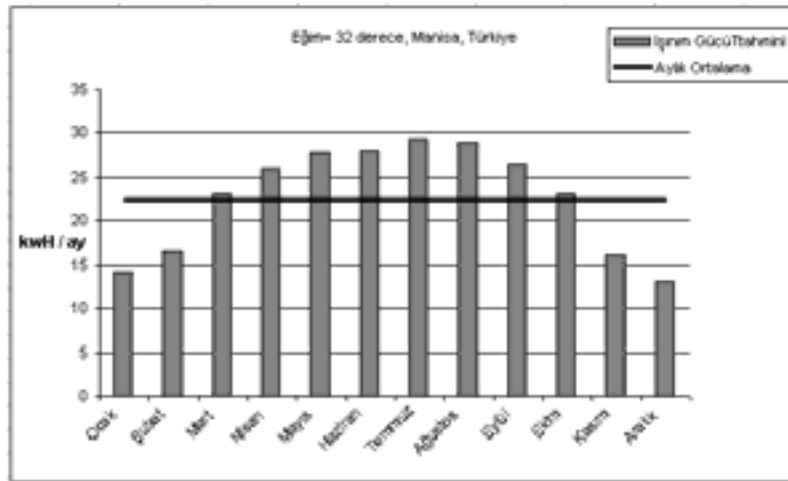
Sistem tasarımımıza dahil edilmiş olan önemli parçalar şunlardır :

- Akü: Sistemin güneşten herhangi bir nedenle beslenemediği durumda aküden besleneceğinden, akünün seçimi önemlidir. Sistemimizin tasarımında

akümüzü oluşturan piller 6V ve 250 Ah olarak seçilmiştir.

Akü ilk yatırımında en pahalı kalemi oluşturmaktadır. Bu sebeple analiz iki alternatif için yapılmıştır: Birinci alternatifte sistemde akü yoktur; bu durumda gün içinde elde edilen elektrik inverter yardımıyla şebekeye geri beslenirken, aydınlatmanın gerekli olduğu durumlarda doğrudan şebekeden çekilen AC akımı yine inverter vasıtasıyla DC akıma çevrilmektedir. İkinci alternatifte sisteme bir günlük otonomi verecek şekilde akü sayısı tespit edilmiş ve yatırım miktarına bu maliyet eklenerek analiz yapılmıştır.

- Şarj Kontrol Cihazı: Sistemin güvenlik ve devamlılığı için gerekli cihazdır.
- Inverter: Sistemde oluşabilecek herhangi bir arıza vb. neden karşısında, ana şebekeden sistemin AC akımıyla beslenmesi veyahut, özellikle de yazın, sistemdeki aşırı beslenmelerle akünün tamamen dolmasından sonra, PV panelden elde edilmiş fazla DC akımı sisteme geri besleyebilmek için, maliyetleri artıracak olsa bile inverter konulmasında önemli faydalar olduğu kabul edilerek tasarıma eklenmiştir.
- PV Panel: Sistem tasarımına eklenecek PV modül sayısını en az tutabilmek için, sisteme yüklenilecek açık devre voltaj ve azami güçteki akım değerleri



Şekil 2. Manisa İli Yıllık PV Panelden Elektrik Üretim Grafiği

Tablo 5. PV panel gereksinimleri.

PV Sistem Hesaplayıcı				
1. AC Yük Hesabı				
AC Yük	Watt x	Saat / Gün	Gün / Hafta	= Watt Saat
Amp x Volt = Watt				
	0	0,0	0,0	0
				0
				0
				0
				0
2. AC Yük Hesabı				
DC Yük	Watt x	Saat / Gün	Gün / Hafta	= Watt Saat
Amp x Volt = Watt				
48W LED Tüketimi	130	12,2	7,0	11.102
				0
				0
				0
				0
AC Haftalık Watt Saat <input type="text" value="0"/>				
DC Haftalık Watt Saat <input type="text" value="11.102"/>				
AC Verimsizlik Faktörü = 1 + <input type="text" value="25%"/> <input type="text" value="1,25"/>				
DC Verimsizlik Faktörü = 1 + <input type="text" value="20%"/> <input type="text" value="1,20"/>				
Toplam Haftalık AC Yükü <input type="text" value="0"/>				
Toplam Haftalık DC Yükü <input type="text" value="13.322"/>				
3. PV Katkısı				
Toplam Haftalık DC Yükü <input type="text" value="13.322"/>				
Toplam Haftalık yük <input type="text" value="13.322"/>				
Yedek Katkısı <input type="text" value="0%"/> <input type="text" value="0"/>				
Düzeltilmiş Haftalık yük <input type="text" value="13.322"/>				
Günlük PV Enerjisi <input type="text" value="1.903"/>				
4. Amper Saate Çevirme				
Sistem Voltu <input type="text" value="29"/>				
Toplam Günlük Amper Saat <input type="text" value="65"/>				
5. Pil Gereksinimi				
Otonom gün <input type="text" value="1,0"/>				
Normal depolama kapasitesi (AmpSaat) <input type="text" value="65"/>				
Maksimum Düşüş <input type="text" value="40%"/>				
İstenen Pil Kapasitesi (Amp Saat) <input type="text" value="163"/>				
Soğuk Hava için Düzeltme Faktörü <input type="text" value="100%"/>				
Düzeltilmiş Toplam Pil Kapasitesi (Amp Saat) <input type="text" value="163"/>				
Tek Bir Pilin Kapasitesi (Amp Saat) <input type="text" value="225"/>				
Gereken Paralel Pil Sayısı <input type="text" value="1"/>				
5a. Pil Gereksinimi (Devamı)				
Sistem Voltu <input type="text" value="29"/>				
Pil Voltu <input type="text" value="6"/>				
Gereken Seri Pil Sayısı <input type="text" value="5"/>				
Gereken Paralel Pil Sayısı <input type="text" value="1"/>				
Gereken Toplam Pil Sayısı <input type="text" value="5"/>				
6. PV Panel Büyüklüğü				
Toplam Günlük Amper Saat <input type="text" value="65"/>				
Parlak Güneş Işığı Saat Sayısı <input type="text" value="9"/>				
Panel Gereksinimi (Amp) <input type="text" value="7,2"/>				
Modül Başına Amper <input type="text" value="7,4"/>				
Gereken Paralel Modül Sayısı <input type="text" value="1"/>				
Sistem Voltu <input type="text" value="29"/>				
Modül Voltu <input type="text" value="29"/>				
Gereken Seri Modül Sayısı <input type="text" value="1"/>				
Gereken Paralel Modül Sayısı <input type="text" value="1"/>				
Gereken Toplam PV Modül Sayısı <input type="text" value="1"/>				

Kaynak: Reshat, E, Certified Energy Manager at CA State/USA and Tecncal Director of EnergyAct UK Ltd., www.energyact.co.uk.

analiz edilerek, konulması gereken PV Panel'in özellikleri belirlenmiştir.

Piyasada muhtelif çeşitlilikte ve özellikte PV panel tipleri incelenmiş ve 175W'lık, kalitesiyle ön plana çıkan bir markanın PV Paneli perakende fiyatıyla hesaplamalarda kullanılmıştır.

PV Paneli seçerken, panel ebatları da dikkate alınması gereken önemli bir parametredir. Mevcut konsol boyları yaklaşık 2500 mm. olduğu ve direğimizde 2 adet konsol bulunduğu için, PV panellerimizin genişliği 5000 mm'yi geçmemelidir. Sistemimize dahil etmeyi planladığımız paneller 990 mm. olduğu için, bu kısıta uymaktadır.

İnternette yapılan çeşitli araştırmalarla, sistem tasarımında kullanılan malzemelere ait direk başına azami yatırım tutarı (perakende fiyat) akülü durum için 3.913 €, aküsüz tasarım için de 1.094 € olarak hesaplanmıştır. Kur ise 1,90 YTL/€ alınmıştır.

Tablo 6. Manisa İli 175 Wp'lik Bir PV Panelden Yıllık Elektrik Üretim Miktarı

PV elektrik üretimi:		
Nominal güç=0.2 kW,		
Eğim=32 derece		
Ay	Aylık üretim (kWh)	Günlük üretim (kWh)
Ocak	15,0	0,48
Şubat	16,9	0,61
Mart	23,5	0,76
Nisan	26,0	0,87
Mayıs	28,3	0,91
Haziran	28,8	0,96
Temmuz	29,7	0,96
Ağustos	29,4	0,95
Eylül	26,1	0,87
Ekim	23,5	0,76
Kasım	16,1	0,54
Aralık	12,9	0,42
Yıllık Ortalama	23	0,76
Yıllık Toplam (kWh)	276	

Kaynak: <http://sunbird.jrc.it/pvgis/>.

Hesaplama kullanılan fiyatlar perakende değerlerdir. Önemli yatırım gerektiren bu tip projelerde alınacak indirimler sonucu yatırım maliyetinin muhakkak düşeceğini burada belirtmekte fayda vardır. Yani bir sonraki bölümde yapılacak analiz ilk yatırım miktarı bakımından en kötü durumu temsil etmektedir.

PVGIS programının yardımıyla PV panellerin üreteceği toplam elektrik miktarı hesaplanmıştır. Sistemsel kayıplar dikkate alınırken, kablo, inverter vb. nedenli kayıplar ihmal edilmiştir. Bu değerler için, bir PV Panel için beklenen enerji üretim değeri Tablo 6'da görülmektedir.

3.1. Ekonomik Analiz

Maliyet analizi ve fizibilite çalışması yapılırken dört ana maliyet kalemi dikkate alınmıştır. İşletme giderleri her iki durumda da analize dahil edilmemiştir. Ayrıca, LED sistemi ve PV Panel kurulumu esnasında, aynı elektrik direklerinin ve konsolların kullanıldığı ve kablo değişimi maliyetinin oluşmadığı varsayılmıştır.

Mevcut durumda kullanılan armatürlere herhangi bir yatırım gereksinimi olmadan kullanımına devam edildiği, yeni önerilen LED lambalara ve PV Panellere ait ilk yatırım giderlerinin olduğu kabul edilmiştir ve bu yatırımın geri dönüş süresi hesaplanmıştır. Mevcut ampuller ve LED ampullerin birim fiyatlarının ortalama ömürlerine bölünmesi suretiyle YTL/saat-ampul cinsinden birim maliyeti bulunmuş; bu maliyet yıllık aydınlatma gereksinimi süresi (saat) ile çarpılarak toplam yıllık gideri elde edilmiştir. Her iki sistemin de yıllık elektrik tüketimleri hesaplanmış, bu değer birim elektrik fiyatı ile çarpılarak yıllık toplam elektrik gideri hesaplanmıştır. Yıllık ampul maliyeti payı ve toplam elektrik tüketim maliyeti toplanıp, yıllık toplam maliyet elde edilmiştir.

Ekonomik ömürler hesaplanırken PV paneller için üreticinin verdiği 25 yıl değeri kullanılmıştır. LED lambalar için 100.000 saatlik ömür ve yılda 4.449 saatlik bir kullanım olacağı öngörülerek ekonomik ömür = $100.000 / 4449 \rightarrow 22,5$ yıl bulunmuştur. Hesaplama kolaylığı açısından bu değer 20 yıl olarak kabul edilmiştir.

Ayrıntılı sayısal analiz Tablo 7’de sunulmuştur. Ayrıntılı analizde lamba güçleri, birim maliyetler, elektrik maliyetleri gibi bütün maliyet kalemleri dikkate alınarak üç alternatif önerinin elektrik enerjisi kazanımları (kWh cinsinden) ve bu kazanımların mevcut durumla karşılaştırmaları, oluşan maliyetler ve yatırım tutarları görülmektedir. Elde edilen enerji kazanımlarının yıllık parasal getirisinin hesaplanmasıyla, her bir tasarım alternatifine ait artımlı (incremental) yıllık nominal kazanç (tasarruf) elde edilmektedir.

Her bir alternatif yatırım önerisinin ekonomik analizi paranın zamansal değerini göz önünde

bulundurarak Net Bugünkü Değer (NPV-Net Present Value) aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Enflasyona tabi bir ekonomide NPV ile hesaplanacak geri dönüşüm süresini bulmak için kullanacağımız efektif Minimum Cazip Oran (MARR – Minimum Attractive Rate of Return), Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankasının açıkladığı 2007 yıl sonu enflasyon değeri olan %8,39 ve Mart 2008 gecelik iç borçlanma faiz oranı olan %15,25 değeri kullanılarak:

Efektif MARR = $1,1525 / 1,0839 = \%6,3$ olarak elde edilmiştir.

Tablo 8 yatırımın her yılın sonundaki net

Tablo 7. Sayısal Analiz Tablosu - kWh ve parasal değerler (YTL) ile

	Formül	Mevcut Yapı	LED Sistemi	LED + PV	LED + PV + Akü
Katalog Gücü (W)	A	250	48	48	48
Tüketim Gücü (W) - Blast, Ateşleme vb. dahil	B	285	62	62	62
Ortalama Lamba Ömrü (saat)	C	5.000	100.000	100.000	100.000
Ampul ve Armatür Birim Maliyet (YTL)	D	11	510	510	510
Ampul Birim Maliyeti (YTL/saat-ampul)	$E = D / C$	0,0022	0,0051	0,0051	0,0051
PV Sistem Ekipmanları Yatırım Maliyeti (YTL) (Panel, Inverter, Şarj Kontrol, Akü)	F			2.079	7.435
Direk Sayısı (İki Armatürlü)	G			1.000	
Toplam Armatür Sayısı	$H = G * 2$			2.000	
Birim Elektrik Ücreti (Ykr/kWh)	I			13,773	
Toplam Yıllık Aydınlanma Gereksinimi (saat)	J			4.449	
Tüketilen Yıllık Elektrik (kWh)/ (1 armatür)	$K = J * B / 1000$	1.268	276	0	0
Toplam Yıllık Elektrik Tüketimi (kWh)	$L = K * H$	2.535.930	551.676	0	0
Toplam Yıllık Elektrik Tasarrufu (Mevcut Duruma Göre Kazançlar) - kWh			-1.984.254	-2.535.930	-2.535.930
Toplam Yatırım Maliyeti (YTL)	M		1.020.000	2.079.000	7.435.000
Toplam Ampul Maliyeti Payı (YTL/yıl)	$N = E * H * J$	19.576	45.380	45.380	45.380
Toplam Elektrik Tüketim Maliyeti (YTL/yıl)	$O = L * I / 100$	349.274	75.982	0	0
TOPLAM YILLIK MALİYET	P = N + O	368.849	121.362	45.380	45.380
Yeni Sistemin Yıllık Maliyet Avantajı	R		-247.487	-323.469	-323.469

Not: Kur değerleri 1 € = 1,90 YTL ; 1 \$ = 1,23 YTL alınmıştır. Birim Elektrik Ücreti TEDAŞ 2008 tarifesidir.

durumunu göstermektedir. Yıllık nominal tasarruf değerleri artı nakit akışı olarak varsayılarak ilk yatırımın geri dönüşüm periyodu hesaplanmıştır. Bunun için % 6,3'lük MARR değeriyle hesaplanmış NPV değerleri kullanılmıştır.

Tablo 8'deki değerler şöyle yorumlanabilir:

1. Sadece mevcut ampullerin LED lambalarla

değiştirilmesini içeren alternatif için ilk yatırım, birikimli net yatırım değerinin yaklaşık olarak sıfırlandığı 5. yıl sonunda geri ödenmekte (koyu olarak gösterilmiştir) ve bundan sonra net tasarruf getirmeye başlamaktadır. Bu alternatif ekonomik ömrünü tamamladığında net bugünkü değeri 1.744.371 YTL olan bir tasarruf sağlamış olacaktır.

Tablo 8. Yatırımların Net Bugünkü Değer (N.P.V.) Tabloları

Yıllar	LED Sistemi			PV Sistemi			PV Sistemi (Akülü)		
	Yıllık Getiri	N.P.V.	Net Yatırım	Yıllık Getiri	N.P.V.	Net Yatırım	Yıllık Getiri	N.P.V.	Net Yatırım
0	İlk Yatırım	-1.020.000	-1.020.000	İlk Yatırım	-2.079.000	-2.079.000	İlk Yatırım	-7.435.000	-7.435.000
1	247.487	232.756	-787.244	323.469	304.215	-1.774.785	323.469	304.215	-7.130.785
2	247.487	218.902	-568.343	323.469	286.107	-1.488.677	323.469	286.107	-6.844.677
3	247.487	205.872	-362.471	323.469	269.078	-1.219.600	323.469	269.078	-6.575.600
4	247.487	193.618	-168.853	323.469	253.061	-966.538	323.469	253.061	-6.322.538
5	247.487	182.093	13.241	323.469	237.998	-728.540	323.469	237.998	-6.084.540
6	247.487	171.255	184.495	323.469	223.832	-504.708	323.469	223.832	-5.860.708
7	247.487	161.061	345.556	323.469	210.509	-294.199	323.469	210.509	-5.650.199
8	247.487	151.474	497.030	323.469	197.979	-96.220	323.469	197.979	-5.452.220
9	247.487	142.458	639.488	323.469	186.195	89.975	323.469	186.195	-5.266.025
10	247.487	133.979	773.467	323.469	175.112	265.087	323.469	175.112	-5.090.913
11	247.487	126.004	899.471	323.469	164.689	429.775	323.469	164.689	-4.926.225
12	247.487	118.504	1.017.974	323.469	154.886	584.661	323.469	154.886	-4.771.339
13	247.487	111.450	1.129.424	323.469	145.667	730.328	323.469	145.667	-4.625.672
14	247.487	104.816	1.234.240	323.469	136.996	867.324	323.469	136.996	-4.488.676
15	247.487	98.577	1.332.818	323.469	128.842	996.166	323.469	128.842	-4.359.834
16	247.487	92.710	1.425.527	323.469	121.173	1.117.339	323.469	121.173	-4.238.661
17	247.487	87.191	1.512.719	323.469	113.960	1.231.299	323.469	113.960	-4.124.701
18	247.487	82.001	1.594.720	323.469	107.177	1.338.476	323.469	107.177	-4.017.524
19	247.487	77.120	1.671.841	323.469	100.798	1.439.274	323.469	100.798	-3.916.726
20	247.487	72.530	1.744.371	323.469	94.798	1.534.071	323.469	94.798	-3.821.929
21				323.469	89.155	1.623.227	323.469	89.155	-3.732.773
22				323.469	83.848	1.707.075	323.469	83.848	-3.648.925
23				323.469	78.858	1.785.933	323.469	78.858	-3.570.067
24				323.469	74.164	1.860.096	323.469	74.164	-3.495.904
25				323.469	69.749	1.929.846	323.469	69.749	-3.426.154

2. LED ile birlikte PV Panelli tasarım (aküsüz) kendisini 9 yıl sonunda geri ödeyip net tasarruf getirmeye başlamaktadır. Ekonomik ömrü 25 yıl kabul edildiğinde, kalan 16 yıl boyunca net tasarruf sağlayacak bir yatırım halini almaktadır. Ekonomik ömrünün sonunda net bugünkü değeri 1.929.846 YTL olan bir tasarruf sağlamış olacaktır.
3. PV Panelli sisteme akü eklendiğinde yatırım kendisini ekonomik ömrü içinde geri ödeyememektedir. Dolayısıyla analizde varsayılan maliyetlerle bu alternatifin maliyet etkin olmadığı ortaya çıkmaktadır. Buradan da görüleceği gibi, yatırımın maliyet etkinliğinde tasarım çok önemlidir.

Elde edilen geri dönüşüm periyodu değerlerine ek olarak her bir alternatife ait Geri Dönüşüm Oranları (IRR–Internal Rate of Return) hesaplanmış ve yatırımların ekonomik bir fayda yaratıp yaratmadığı değerlendirilmiştir. IRR hesabında yatırımın net bugünkü değerini sıfırlayan faiz oranı hesaplanmakta ve elde edilen IRR değeri bilinen MARR ile karşılaştırılmaktadır. Yatırımın maliyet etkin olması için IRR oranı MARR değerinden büyük olmalıdır. IRR'nin hesaplanmasında projenin ekonomik ömrü (n) için $(P / A_{i,n})$ faktörü kullanılır (Grant vd., 1999). Bu durumda alternatiflerimizin değerlendirilmesinde $P = A [((1 + i)^n - 1) / (i (1 + i)^n)]$ eşliğinde P değeri ilk yatırımı, A değeri ise yıllık nominal tasarruf değerini temsil etmektedir. Bu eşitliği sağlayan i değeri IRR olacaktır. Bu değer bir hesap çizelgesi (spreadsheet) yardımıyla deneme yanılma yoluyla hesaplanabilir.

Formülü LED ve PV Panel (Aküsüz) alternatiflerine uyguladığımızda:

1. Sadece LED sisteminin uygulanmasıyla elde edilecek IRR oranı % 23,93'tür. MARR değerinin % 6,3 olduğu düşünülürse yatırımın maliyet etkinliğinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir.
2. PV Panel ilavesiyle oluşan alternatifin IRR değeri ise %31,68 gibi yine yüksek bir değerdir, % 6,3

olan MARR değerinden çok yüksek bir değerdir ve bu alternatif de maliyet etkindir.

3.2. Çevresel Analiz

LED ve PV sisteme geçiş ile elde edilen elektrik enerjisi tasarrufunun çevresel etkilerini hesaplamak için, kazanılan bu enerjiye eşdeğer miktarın mevcut termik santral ve doğal gaz çevrim santrallerinde birincil enerji kaynağından ne kadar tasarruf sağlayacağı hesaplanmıştır.

Termik santralde yakılacak kömürden elde edilecek 1 kWh elektrik üretimi için 0,915 kg. CO₂ havaya salındığı öngörülmüştür (CO₂ Emissions Report, 2000).

Doğal gazın yanması esnasında CH₄ + 2O₂ → CO₂ + 2 H₂O tepkimesi oluşur. Bu tepkimede doğal gaz çevrim santralinde 1 kWh elektrik üretimi için gerçekleşecek yanma sonucu salınacak CO₂ miktarının 0,53 kg. olacağı hesaplanmıştır (Çolak, 2006). Kömürde ise CO₂ salınımına ek olarak, insan hayatı açısından büyük riskler içeren ve doğada asit yağmurlarına sebep olan SO₂, kül, CO gibi daha birçok zararlı atık söz konusudur. 1 kWh elektrik üretimi esnasında 0,024 kg. SO₂ doğaya bırakılmaktadır (Akin, 2007).

Bu zararlı gaz ve atıkların doğadaki dengeyi bozmasını sağlayacak olan bitki örtüsünün yaklaşık miktarı da etkinin büyüklüğünü göstermesi açısından belirtilecektir. Tema Vakfı'nın web sitesinden faydalanılarak, yetişkin bir ağacının saatte 2,3 kg. CO₂ ve 1,7 kg. O₂ ürettiği varsayımları ile, yıl boyunca sağlanan kWh cinsinden elektriğe karşı gelen ağaç miktarı tespit edilmiştir.³

Tablo 9'da yol aydınlatmasında kullanılacak sadece 2000 adet armatürde yapılacak bir iyileşmenin çevreye olan etkilerinin ne kadar olumlu olduğu açıkça görülmektedir. Türkiye'de yaklaşık 5,5 milyon armatür olduğu gerçeğini düşündüğümüzde⁴, sadece aydınlatma sisteminde yapılacak uygun bir analiz ve iyileşmenin ekolojik dengeye katkısının büyüklüğü yadsınamaz düzeydedir.

³ <http://www.tema.org.tr/Karbonmetre/Karbonmetre.htm>

⁴ www.tedas.gov.tr

Tablo 9. Sonuç Tablosu - Çevresel Etkiler Yönüyle - 1.000 Adet Direk İçin Yıllık Kazanım

	LED Sistemi	LED + PV
Tasarruf Edilen Enerji (MWh)	1.984	2.536
Termik Santralde Elektrik Üretimi		
Birim Kömür CO ₂ Emisyonu (kg/kWh)	0,915	
Doğaya Toplam CO ₂ Emisyonu (ton)	1.816	2.320
Doğadan CO ₂ Emilimi için İhtiyaç Duyulacak Ağaç Sayısı	5.535	7.077
Doğal gaz Çevrim Santralinde Elektrik Üretimi		
Birim Doğal gaz CO ₂ Emisyonu (kg/kWh)	0,53	
Doğaya Toplam CO ₂ Emisyonu (ton)	1.056	1.344
Doğadan CO ₂ Emilimi için İhtiyaç Duyulacak Ağaç Sayısı	3.231	4.135

Bu bölümde incelediğimiz çevresel kazanımlar 1000 direklik bir aydınlatma sistemi için hesaplanmıştır. Güneş enerjisinin çevresel kazanımları hakkında literatürde yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Daha ayrıntılı bilgi için Tsoutsos vd. (2005) çalışması incelenebilir. Yazarlar çalışmalarında güneş enerjisi sistemleri için bir Çevresel Etki Değerlendirmesi (Environmental Impact Assessment) yapmışlardır.

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Ülkemizde enerjinin elde edilmesi ve verimli kullanılmasıyla ilgili olarak milli bir seferberliğe ve bu seferberliğin gerek kurum ve kuruluşlar düzeyinde, gerekse de bireysel bazda yaygınlaştırılmasına ihtiyaç olduğu ortaya çıkmaktadır. Çalışmamızda, ülkemizin enerji konusundaki yetersizlikleri ve dışa bağımlılığını azaltacak önlemlere ivedilikle ve şiddetle ihtiyacı olduğu gerçeği ışığında, alternatif öneriler geliştirilmiş ve bunun sağlayacağı parasal kazançlar ve çevresel faydalar bir pilot çalışma yardımıyla açıklanmaya çalışılmıştır.

Analizimizde, Manisa ili özelinde yaptığımız çalışma ışığında ülkemizde toplam elektrik tüketiminde %3 gibi bir orana sahip olan sokak ve yol aydınlatmalarında

mevcut sistemler terk edilip, aydınlatmadaki son gelişmeler ve teknikler ışığında yeniden yapılanmaya gidildiği takdirde ortaya çıkacak ekonomik ve çevresel kazanımlar incelenmiştir. Sadece mevcut ampulleri LED ampullerle değiştirmek şeklinde bir yatırımın yıllık kazanımı bu küçük örnek için bile azımsanamaz boyuttadır. Bu yatırımın geri dönüşüm periyodu yaklaşık 5 yıl ve ekonomik ömrü boyunca geri dönüşüm oranı %24 civarında hesaplanmıştır. Çevresel katkılar incelendiğinde ise 1000 adet direk için yapılan analizde yıllık 3231 ağacın CO₂ emilimine eşdeğer bir kirliliğin önlenmesi gözükmektedir.

Çalışmamızda kullandığımız teknik değerler ve fiyatlar projenin tasarımına göre farklılıklar getirebilmektedir. Özellikle yüksek tutarlı yatırımlar sonucunda alınacak indirimler yatırımın geri dönüş süresini çok azaltacaktır. Ayrıca, böyle bir yatırıma alınacak teşviklerle yatırımın finansmanı ve yapılabilirliği de artacaktır. Çalışma bu açıdan bir pilot çalışma niteliği taşımakta ve gelecekte yapılacak analizlere ışık tutmaktadır.

Önümüzdeki 5 yıl içerisinde eğer yeni yatırımlar yapılmaz ise, kötümser senaryo ile elektrik tüketiminin mevcut üretimin %12 üstüne çıkacağı gerçeği ile

⁵ www.epdk.gov.tr

elektrik üretimindeki açığın dışa bağımlı sistemler yerine, ülkemizin zengin olduğu yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımlarla kapatılmasına yönelik çalışmalar hız kazandırılmalıdır⁵. Ancak bu pilot çalışmadan yola çıkarak ülke için genellemeler yaparken dikkatli olmak gerekmektedir. Türkiye gibi iller arasında farklılıkların çok fazla olduğu bir ülkede, sonuçlar genelleştirilirken Manisa ilinin diğer illere göre farklılıkları, dolayısıyla ilgili analizlerin iller veya bölgeler bazında değişiklik gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Özellikle Avrupa Birliği'nde uygulamalara yönelik teşviklerin verildiği yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarına ve enerji verimliliği ile ilgili çalışmalara ülkemizde de teşvikler sağlanmalı ve yatırımcıların bu alandaki boşlukları doldurmasına yönelik politikalar geliştirilmelidir.

Aydınlatmanın önemi kavranmalı ve ışık kirliliğinin yaratacağı enerji kayıplarının önüne geçecek uygulamalar hız kazanmalıdır. Enerji projelerinde yatırım maliyetleri oldukça büyüktür. Bu tip yatırımlar bir çok ülkede yatırım teşvikleriyle desteklenmekte ve işletme, kurum ve firmaların yenilenebilir enerji sistemlerine yönelmesine çalışılmaktadır. Ülkemizde de gerek bireysel kullanımlarda, gerekse de büyük ölçekli yatırımlarda finansal enstrümanlar geliştirilmesi, geri dönüşümü garanti yatırımların sayısının hızla ve kısa zamanda artmasına olumlu etkiler gösterecektir.

TEŞEKKÜR

Bu makalenin yayına hazırlanmasında katkıda bulunan hakemlere çok değerli öneri ve görüşleri için teşekkürü borç biliriz.

KAYNAKÇA

1. Akın, K. 2007. "Doğalgaz İşletmeciliği", İç Anadolu Enerji Forumu, Aksaray.
2. Energy Information Agency. 2000. Carbon Dioxide Emissions from the Generation of Electric Power in the United States. http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/page/co2_report/co2emiss.pdf, son erişim tarihi: 07.04.2008.
3. Çıtıroğlu, A. 2000. "Güneş Enerjisinden Yararlanarak Elektrik Üretimi", Mühendis ve Makina Dergisi, 485, 32-37
4. Çolak, Ü. 2006. "İklim Değişikliği ile Mücadelede Nükleer Enerji", BM İklim Değişikliği Sözleşmesi Çerçevesinde Enerji Sektörü, Ankara.
5. Dedeoğlu, İ. 2006. "Kentsel Yeşil Alanların Gece Kullanımında Aydınlatmanın Önemi ve Yöntemi : Gülhane Parkı Örneği", 6. Ulusal Aydınlatma Kongresi Bildiri Kitapçığı.
6. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007 – 2013). 2006. Resmi Gazete, Sayı: 26215, 1.
7. Grant, E.I., Ireson, W.G., Leavenworth, R.S. 1999. Principles of Engineering Economy, 8th Edition, John Wiley & Sons, NY.
8. Kalogirou, S. 1996. "Economic analysis of solar energy systems using spreadsheets", WREC-IV World Renewable Energy Congress, Colorado, 9 (1-4), 1303-1307.
9. Muhs, J.D. 2001. "Design and Analysis of Hybrid Solar Lighting and Full-Spectrum Solar Energy Systems", Proceedings of the ASES SOLAR 2000 Conference, Madison, Paper No: 33.
10. Onaygil, S., Güler, Ö., Çolak, N. 2005. "Kent İçi Yol Aydınlatmaları", Kaynak Elektrik Dergisi. 188.
11. Photovoltaic Geographical Information System (PV-GIS), <http://sunbird.jrc.it/pvgis/>, son erişim tarihi: 20.03.2008.
12. T.C. Başbakanlık Hazine Müsteşarlığı. Ekonomik Göstergeler, <http://www.hazine.gov.tr/stat/e-gosterge.htm>, son erişim tarihi: 07.04.2008.
13. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. www.epdk.gov.tr, son erişim tarihi: 20.03.2008.
14. Tsoutsos, T., Frantzeskakib, N., Gekas, V. 2005. "Environmental impacts from the solar energy technologies", Energy Policy, 3 (3), 289-296.
15. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Enerji İstatistikleri, <http://www.enerji.gov.tr/istatistik.asp>, son erişim tarihi: 07.04.2008.
16. Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi. www.tedas.gov.tr, son erişim tarihi: 20.03.2008.
17. TEMA. Karbonmetre, <http://www.tema.org.tr/Karbonmetre/Karbonmetre.htm>, son erişim tarihi: 20.03.2008.