

## ARTVİN ÇORUH ÜNİVERSİTESİ SEYİTLER YERLEŞKESİ ENERJİ TALEBİNİN YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARIYLA KARŞILANMASI

<sup>1</sup>Enes Halit AYDIN, <sup>2</sup>Mehmet ÇUNKAŞ

<sup>1</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksek Okulu, Elektrik ve Enerji Bölümü Artvin, Turkey,

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, 42075 Konya, Turkey,

<sup>1</sup>eneshalid@artvin.edu.tr, <sup>2</sup>mcunkas@selcuk.edu.tr

(Geliş/Received: 07.10.2018; Kabul/Accepted in Revised Form: 19.12.2018)

**ÖZ:** Dünya genelinde sera gazı emisyonları, fosil yakıtların kıtlığı, artan elektrik talebi, mevcut enerji sisteminin yeniden düzenlenmesinin gerekli olduğunu göstermiştir. Bu doğrultuda yenilenebilir enerji kaynaklarının ne denli önem arz ettiği anlaşılmaktadır. Türkiye’de özellikle hidroelektrik santrallerinden elde edilen enerji yatırımları yıllardır devam etmektedir. Yenilebilir enerjili sistemler üzerine yatırımlar ise son yıllarda hızlı bir şekilde yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu çalışmada, Renewable Energy Tecnology Screen (RETScreen) yazılımı kullanarak Artvin Çoruh Üniversitesi Seyitler Yerleşkesinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yasası çerçevesinde lisans alma zorunluluğu bulunmayan 400 kWp güneş enerji sistemi ve 100 kWp rüzgâr enerji sistemini kapsayan bir tesisin fizibilite çalışması gerçekleştirilmiştir. Yapımı düşünülen hibrit sistem ile yerleşkenin elektrik talebi de göz önüne alınarak şartlara göre en uygun çözüm bulunmaya çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Artvin Çoruh Üniversitesi, Retscreen, Sera Gazı Emisyonları, Yenilenebilir Enerji

### Ensuring the Energy Demand of Artvin Çoruh University Seyitler Campus with Renewable Energy Sources

**ABSTRACT:** The greenhouse gas emissions, the scarcity of fossil fuels, and the growing demand for electricity all over the world have shown the need to reorganize the existing energy system. In this respect, the importance of renewable energy sources is understood. The investments in Turkey have continued especially for years to get energy from hydroelectric power plants. The studies on renewable energy systems have started to spread rapidly in recent years. In this study, the feasibility of a 400 kWp solar energy system and 100 kWp wind energy system, which is not obliged to obtain a license within the framework of the Renewable Energy Resources Law of Artvin Coruh University Seyitler Campus, has been carried out by using Renewable Energy Tecnology Screen software. With the hybrid system which is planned to be constructed, it is tried to find the most suitable solution according to the conditions by taking the electricity demand of the Campus into consideration.

**Key Words:** Artvin Coruh University, Greenhouse Gas Emissions, Renewable Energy, Retscreen

### GİRİŞ (INTRODUCTION)

Küresel ekonominin gidişatına yön veren en önemli faktörlerin başında enerji gelmektedir. Şu anda, ülkelerin vazgeçilmezi konumunda olan enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Geçmişten günümüze kadar enerji ihtiyacının büyük kısmını karşılayan fosil yakıtların sınırlı oluşu ve bu yakıtların aynı zamanda küresel ısınmayı tetiklemeleri hükümetleri yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Son zamanlarda Dünya’da, sınırsız kaynak olarak bilinen özellikle güneş ve rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi oldukça yaygınlaşmıştır. Bu artışta güneş ve rüzgâr enerji santralleri ile elektrik üretiminin en önemli problemlerinden biri olan maliyetlerin düşmesi etkili olmuştur. Ülkemizin de yerli ve milli

üretimde destek vermesi neticesinde enerji sektöründeki ham madde ve parça maliyetleri de oldukça düşmüş ve sektör yatırım yapılabilir bir hale gelmiştir.

Enerji sistemlerini planlamak toplumumuzun gelişim sürecine oldukça katkı sağlayacak bir husustur. Piyasada halen kullanılmakta olan enerji modelleri farklı çözümlerin ve çalışma koşullarının simüle edilmesine ve ekonomik fizibilitelere belli oranlarda destek verebilir. Optimizasyon modelleri ise yatırımcı tarafından belirlenen teknolojik, politik, ekonomik ve talep memnuniyeti gibi verileri değerlendirerek kaliteli bir maliyet uygunluğu sağlamak için kullanılır (Bañosa ve diğ., 2011; Liu ve diğ., 2018). Yakın gelecekte enerji sektörü için yapılan tahminlerde, yalnızca bir sisteme bağlı enerji üretiminden ziyade doğal kaynakların kombinasyonu sağlanıp hibrit sistemlerin daha çok tercih edileceği düşünülmektedir (Bağheri ve diğ., 2018; Verna ve diğ., 2018) Şunu da belirtmek gerekir ki, yenilenebilir enerji kaynaklarının birçok avantajının yanı sıra bir takım sorunları da mevcuttur. Kurulacak tesisin şebekeye uzaklığı ve kaynaklarda meydana gelen ani güç dalgalanmaları bunlardan bazılarıdır.

Elektrik enerji talebinin verimli, ucuz ve planlı bir şekilde karşılanması konusunda birçok çalışma mevcuttur. Ugranlı (2016) Şebekeye entegre edilmiş güç sistemlerinde iki seviyeli iletim hattı planlama metodları geliştirdi. Böylece hat yatırım maliyetlerinin yanı sıra şebekedeki kısıtlardan dolayı oluşan kullanılmayan rüzgâr veya güneş enerjisi yerine devreye alınan konvansiyonel jeneratörlerin toplam üretim maliyetlerini ve beslenemeyen enerjiyi azalttı. Jolly (2009), Cornell üniversitesinde yaptığı çalışmada, NY'daki bir tarım arazisi uygulaması için yenilenebilir enerji kaynaklarının optimizasyonunu hibrit bir sistem üzerinden gerçekleştirdi. Çalışmada Retscreen programının mevcut veri tabanından fotovoltaiik güneş paneli ve rüzgâr türbinlerinin çeşitli kombinasyonları arasındaki farklı durum senaryolarını dikkate alarak modelleme yaptı. Sistemde birkaç fotovoltaiik panel ve rüzgâr türbinlerinin karşılaştırmalı analizlerini yaptı. Projenin ömrü ve projeye ilişkin geri ödeme süresi, hesaplanan uygulanabilir teşvikler gibi tesisin ayrıntılarını kullanarak mali analizler gerçekleştirdi. Yerli ve diğ. (2013) tarafından yapılan bir başka çalışmada bir üniversite yerleşkesinde yenilenebilir enerji kaynakları (YEK) yasasına istinaden lisans alma zorunluluğu olmayan 500 kWp kurulu güce haiz bir fotovoltaiik tesisin ön fizibilite çalışması gerçekleştirdiler. The Hybrid Optimization Model for Electric Renewables (HOMER) ve RETScreen enerji model yazılımları kullanıp karşılaştırmaya dayalı yorumlar yaptılar. Analizler sonucunda fotovoltaiik (PV) sistem verimliliğinin % 17'lere ulaştığı gördüler. Demirkol ve Çunkaş (2014) Afyonkarahisar için yenilenebilir enerji kaynakları potansiyelini değerlendirdiler. Güncel veriler kullanarak güneşlenme süresi ve güneş enerjisi potansiyelini ele aldılar. Afyonkarahisar merkez, dinar ve Sultandağı istasyonlarının saatlik rüzgâr hızı verilerini kullanarak Weibull ve Rayleigh dağılımlarını hesaplayıp, her istasyon için 2010 ve 2011 yıllarına ait aylık rüzgâr güç yoğunluğu belirlediler. Erdinç (2012) yaptığı çalışmada uygun bir güç biçimlendirme ünitesi üzerinden şebekeden bağımsız bir yük için gerekli güç talebini karşılayan hibrit yenilenebilir enerji sistemini tasarladı. Rüzgâr Türbini/Fotovoltaiik/Yakıt Hücresi/Batarya ünitelerinden oluşan hibrit sistem ile ilgili denemeleri öncelikle benzetim ortamında, daha sonra da test platformunda deneysel olarak gerçekleştirdi. Optimum boyutlandırma aşamasında hibrit sistem bileşenlerinin performansını dikkate alan yeni bir perspektif ortaya koydu.

Bu çalışmada, Artvin Çoruh Üniversitesi (AÇÜ) Seyitler Yerleşkesinin elektrik ihtiyacının karşılanmasına yönelik rüzgâr türbini ve güneş panelinden oluşan hibrit bir sistemin optimizasyonu yapılmıştır. Retscreen yazılımı kullanılarak yapılan analizlerde rüzgar ve güneş enerjisinden oluşan hibrit sistemin optimum koşullarda ne kadar fayda sağlayacağı tartışılmıştır. Yenilenebilir enerji sektörüne yapılacak yatırımların hızlı bir şekilde artması için yatırımcıların güvenini sağlayacak bir bakış açısının sunulması önemlidir. Bu çalışma sayesinde fiziki koşullar ve mali tablo ön plana çıkarılarak yatırımcıya aradığı bilgi sunulmuştur. Saha koşulları uygun bölgelere bu sistem kurulduğunda doğal kaynakların daha verimli kullanımı da sağlanmış olacaktır. Geleneksel tek enerji kaynağından yararlanılan enerji sisteminin aksine yaz kış enerji üretecek hibrit bir sistemin kullanımı dışa bağımlılığı azaltabilecek bir yöntem olarak görülebilir.

**SİSTEMİN YAPISI VE VERİLER (SYSTEM'S STRUCTURE AND DATA)****Uygulama Alanına Ait Meteorolojik Veriler (The Meteorological Data For The Application Area)**

Artvin, Karadeniz'in doğusunda bulunan merkezi itibariyle denize 67 km uzaklıkta 576 m rakım, 41,2° enlem 41,9° boylama sahip bir yerleşim yeridir. Güneş ışınım miktarları göz önünde bulundurulduğunda Karadeniz bölgesi, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerine göre daha geridedir. Fakat ülkeler bazında yapılan araştırmalar ve ölçümler dikkatle incelenirse Karadeniz bölgesinin, Avrupa ülkelerinin bir kısmından çok daha fazla güneş ışınım şiddeti potansiyeline sahip olduğu görülecektir. Bunlardan bir tanesinde Trabzon merkezli yapılan bir akademik çalışmada özellikle güneş enerjisinden elektrik üretimi için en çok yatırım yapan Almanya'nın dahi Karadeniz'den daha az enerji potansiyeline sahip olduğunu belirtmiştir(Çakmak, Altaş, 2016).

Bu çalışma kapsamında Artvin Meteoroloji Bölge Müdürlüğü ölçüm istasyonundan alınan Çizelge 1 deki verilerden yararlanılmıştır. GES kurulumu için Artvin Çoruh Üniversitesi seyitler yerleşkesindeki fakülte ve diğer binaların atıl durumda olan uygun çatı terasları değerlendirme kapsamına alınmıştır. Bu değerlendirmeyi yaparken güneşin konumunun, ışınım yoğunluğunun, yerleşkenin enlem derecesinin, sistemi verimli bir şekilde tasarlamak için oldukça önemli olduğu göz önünde bulundurulmuştur.

**Çizelge 1.** Artvin ili güneş ve sıcaklık parametreleri*Table 1. Solar and temperature parameters for Artvin)*

<i>Ay</i>	<i>Hava Sıcaklığı ( °C)</i>	<i>Bağıl Nem (%)</i>	<i>Yağış (mm)</i>	<i>Günlük Güneş Radyasyonu (Kwh/ m<sup>2</sup>/G)</i>	<i>Atmosferik Basınç (Kpa)</i>
<i>Ocak 2018</i>	6,3	69,7	109,7	1,32	90,1
<i>Şubat 2018</i>	6,2	69,8	64,1	2,49	90
<i>Mart 2018</i>	8,2	73,5	43,8	3,78	90
<i>Nisan 2018</i>	12,5	75,3	14,1	4,88	89,9
<i>Mayıs 2018</i>	15,6	79,2	66,2	5,73	90
<i>Haziran 2017</i>	20	77,7	8,2	6,5	89,9
<i>Temmuz 2017</i>	22,2	79,7	17	6,7	89,8
<i>Ağustos 2017</i>	22,8	79,8	9,8	5,38	89,9
<i>Eylül 2017</i>	19,7	78,5	36,2	4,55	90,1
<i>Ekim 2017</i>	15,7	78,3	107,6	4,48	90,3
<i>Kasım 2017</i>	12	72,6	53,7	3,23	90,3
<i>Aralık 2017</i>	8,1	68,4	87,5	2,38	90,2
<i>Yıllık</i>	<b>14,2</b>	<b>75,2</b>	<b>51,49</b>	<b>4,29</b>	<b>90</b>

Türkiye'de rüzgâr potansiyeli özellikle kıyı kesimlerde ve İç Anadolu'nun belli bölgelerinde fazladır. Çanakkale, Kayseri, Kırşehir gibi iller RES'lerin en çok kurulduğu yerlerdir. Karadeniz'in kıyı kesimlerinde rüzgâr enerji potansiyeli yeteri kadar olmasına rağmen şuan yatırım yapılan büyük bir RES bulunmamaktadır. Artvin ilindeki Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 10 m ölçüm yüksekliğindeki rüzgâr hızları 1.4 katsayısı ile normalize edilerek Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Artvin ili rüzgâr enerji verileri

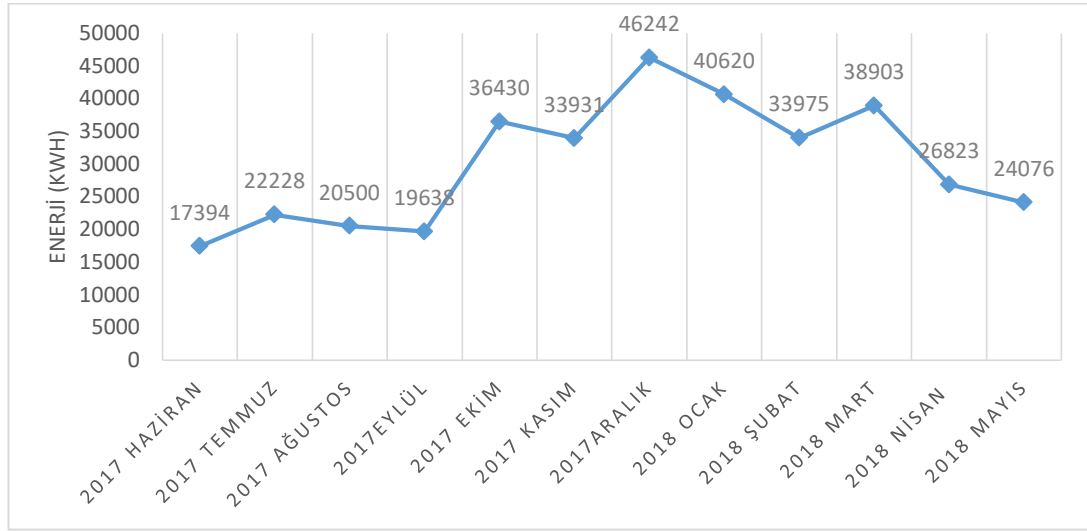
Table 2. Wind energy data for Artvin

Ay	Rüzgâr Hızı (M/S )	Yer Sıcaklığı (°C)	Isıtma Derece Gün 18 °C (°C-G)	Soğutma Derece Gün 10 °C (°C-G)
Ocak 2018	4,3	1,5	363	0
Şubat 2018	4,6	1,2	330	0
Mart 2018	4,8	4,2	304	0
Nisan 2018	5	9,6	165	75
Mayıs 2018	4,7	14,4	74	174
Haziran 2017	5,2	18,2	0	300
Temmuz 2017	5,6	21,4	0	378
Ağustos 2017	5,7	21,5	0	397
Eylül 2017	4,9	18,7	0	291
Ekim 2017	4,6	14,1	71	177
Kasım 2017	4,7	8,2	180	60
Aralık 2017	4,5	3,5	307	0
<b>Yıllık</b>	<b>4,9</b>	<b>11,4</b>	<b>Ort: 149,58</b> <b>Gün: 12,46</b>	<b>Ort: 154,25</b> <b>Gün: 12,85</b>

Rüzgâr enerjisinden elektrik üretilebilmesi, türbinin kurulacağı yerin rüzgâr potansiyeline, rüzgârın güç yoğunluk karakteristiğine ve rüzgâr türbininin teknik özelliklerine bağlıdır. Bir türbinin elektrik gücü ise kapasite faktörü, jeneratörü ve pervanesi gibi rüzgârı elektrik enerjisine çevrim için kullanılan mekanik bölümlerin verimliliğine bağlıdır. Son olarak, türbini etkileyen diğer önemli parametreler ise düşük kesim (cut-in) , yüksek kesim (cut-off) hızlarıdır. Eğer rüzgâr, türbini döndürecek kadar hızlı esmiyorsa sistem elektrik üretemez, tam tersi eğer rüzgâr türbin kapasitesinin üstünde bir hızla esiyorsa sistem mekanik olarak zarar görmemek için kendini kilitleyecektir. Bu hız aralığı ortalama bir türbinde 2 m/sn ile 25 m/sn arasında değişir. Çizelge 2 incelendiğinde normalize edilmiş rüzgâr hızları, 2 m/s lik sınır değer üzerinde olduğu görülmektedir.

#### Yerleşkenin Elektrik Yükü (Electric Load for Campus)

Çalışma kapsamında yerleşkenin aylık elektrik tüketim miktarları incelenmiştir. Yerleşke Orman Fakültesi, Mühendislik Fakültesi, Meslek Yüksekokulu, Sosyal Tesisler olmak üzere 4 binadan oluşmaktadır. Şekil 1'de yerleşkenin aylara göre yıllık elektrik tüketim miktarları gösterilmektedir.



Şekil 1. Seyitler yerleşkesi bir yıllık elektrik yükü (kWh)

Figure 1. Seyitler campus electric load (kWh)

### Yer Seçimi ve Materyaller (Location Selection and Materials)

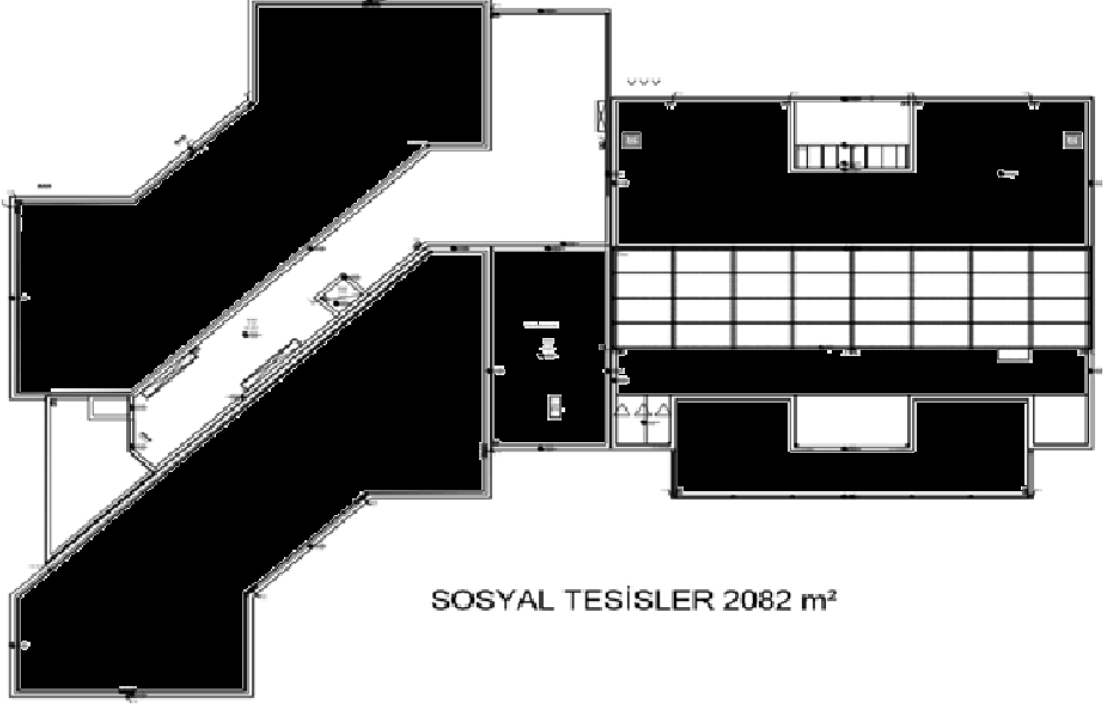
Mühendislik Fakültesi, Orman Fakültesi, Artvin Meslek Yüksekokulu ve Sosyal Tesisler çatılarının mimari planları incelenerek kullanılabilir alan Mühendislik Fakültesi için 936 m<sup>2</sup>, Orman Fakültesi için 3204 m<sup>2</sup>, Artvin Meslek Yüksekokulu için 936 m<sup>2</sup> ve Sosyal Tesisler için 2082 m<sup>2</sup> olduğu tespit edilmiştir. Bu dört adet binanın çatı teraslarına çıkıldığında Orman Fakültesi ve Sosyal Tesisler binalarının çatıları üzerinde kurulu bazı cihazların olduğu tespit edilmiş ve fotovoltaik sistem kurulumuna engel teşkil edebilecek ünitelerin yerleri belirlenmiştir. RES kurulum yeri için yerleşkeye kuşbakışı 300 m uzaklıktaki Kredi Yurtlar Kurumuna ait boş tepe seçilmiştir. Bu tepe dört yanı açık, aynı seviyede herhangi bir dağ bulunmayan rüzgâr potansiyeli özellikle sonbahar ve kış aylarında sistem için yeterli seviyeleri bulan ortalama 4-6 m/sn bir yerdedir (MGM, 2018).

Retscreen ile uygun optimizasyonun yapılabilmesi için piyasada yaygın olarak kullanılan 59 adet fotovoltaik panel markası arasından ISO 9001: 2000 ve ISO 14001: 2004 Sertifikalı, IEC 61215 (Ed.2) ve IEC 61730 (UL 1703) sınıfı, Hyundai Heavy Industries markasının mono-Si - HiS-S245MG modelinden toplam 1633 adet kullanılmıştır. Panellerin birim başına kapasiteleri 245 W'dan toplamda 400,085 kWh dir.

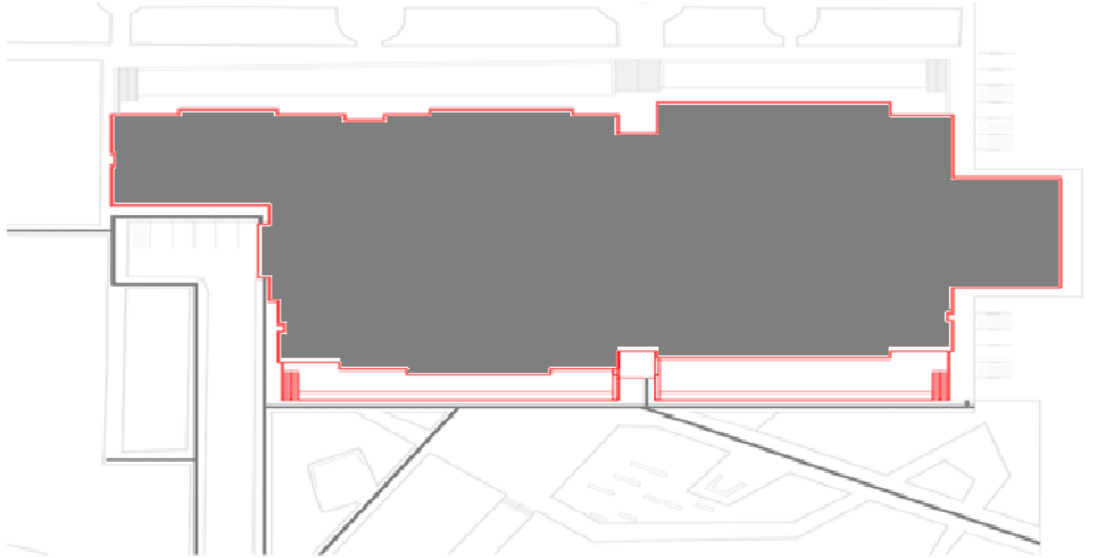
İnverter seçimi için CE standartlarına uyumlu Sma Solar Technology marka Ag Flx Pro 15 modeli seçilmiştir. Model, isminden de anlaşılacağı gibi 15 kWh kapasitelidir. Bu model üründen de toplamda 34 adet seçilip, 510 kWh kapasite sağlanmıştır.

Brüt alanı 2082 m<sup>2</sup> olan Sosyal Tesisler binası çatısına NASA verilerine göre 41° açılı 490 adet 120 kWp kurulu güçte fotovoltaik güneş panelinin bağlanması uygun görülmüştür. Şekil 2'de Sosyal Tesisler binasının çatı terasının resmi görülmektedir. Binanın çatısında panellerin yerleştirildiği yer siyah olarak gösterilmiştir. Çatının diğer kısımları merdiven boşluğu ve aydınlatma amaçlı kullanılması gibi nedenlerden panel yerleşimine uygun değildir.

Şekil 3'te gösterilen brüt alanı 3204 m<sup>2</sup> olan Orman Fakültesi binasının çatısına yine 41° eğime sahip, 735 adet 180,075 kWp kurulu güçte fotovoltaik güneş panelinin bağlanması uygun görülmüştür. Bu binanın bazı bölgelerinde boşluklar ve çatıya çıkış kısmı bulunmaktadır. Ayrıca çatı terasında klima vb. cihazların kapladığı alanlar ve köşe noktaları hesaba dâhil edilmemiştir. Bunlar dikkate alınarak yapılan PV yerleşimi Şekil 3'de gri olarak gösterilmiştir. Bu sistem için de 15 kW'lık 12 adet eviriciyle beraber 1340m<sup>2</sup>'lik bir alan kullanılmıştır. Aynı mimari ve aynı ölçüm değerlerine sahip (brüt 936 m<sup>2</sup>) Artvin Meslek Yüksekokulu ve Mühendislik Fakülteleri için 204'er adet güneş paneli ve 3'er adet inverter ile beraber kullanılan toplam alan 330'ar m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Rüzgâr türbini 585 m rakımlı Kredi Yurtlar Kurumu yanındaki boş araziye kurulacaktır.



Şekil 2. Sosyal tesisler çatı terası ve PV yerleşim alanı  
*Figure 2. Terrace of Social facilities and PV layout*



Şekil 3. Orman Fakültesi çatı planı ve PV yerleşimi  
*Figure 3. Roof plan for forestry faculty and PV layout*



**Şekil 4.** Kredi Yurtlar Kurumu uydu görünümü

*Figure 4. Satellite view for State student dormitory*

Şekil 4’de rüzgâr türbini yerleşim yeri görülmektedir. Bu arazi yakınında yerleşimin olmadığı verimsiz bir arazidir ve rüzgâr türbini kurmak için Artvin’deki en uygun yerlerden biridir. Elektrik şebeke hattına ve Üniversite Yerleşkesine yakınlığı en önemli avantaj olarak görülmektedir. Kurulması düşünülen sistem için Retscreen yazılım programı veri tabanında bulunan 53 adet türbin markası ve yaklaşık 600 model içerisinde Artvin şartlarına uygun güç kapasitesi 100 kWp, bağlantı noktası yüksekliği 40 m, türbin başına rotor çapı 21 m ve türbin başına taranan alan 346.36 m<sup>2</sup> olan Northern Power Systems marka NW100/21 - 40M modelindeki türbin seçilmiştir. Bu model seçilirken Artvin’in rüzgâr potansiyeli çok yüksek olmadığı için ilk kurulum maliyetini en kısa sürede amorti edebilmesi hususları dikkate alınmıştır.

#### **RetScreen Yazılımı (RetScreen Software)**

Retscreen farklı sistem konfigürasyonlarını simüle eden ve bunları kullanım süreleri boyunca, işletim kurulum vb. maliyet girdilerini net bir şekilde ölçeklendiren bir optimizasyon yazılım paketidir. Kullanıcının girdiği verilere göre program öncelikle Rüzgâr Enerji Santrali (RES) ve Güneş Enerji Santrali (GES)’in teknik fizibilitesini yani sistemin elektriksel ve termal yüklerle ve kullanıcı tarafından uygulanan diğer sınırlamalara yeterince uygun olup olmadığı değerlendirir ve daha sonra olası senaryolar çıkarır. Bu senaryolar ayrıca kullanılan malzeme cinslerine göre de farklılık gösterir. Yazılım, giriş parametrelerinin bir veya daha fazlasındaki bir değişikliğin etkisini değerlendirmek için duyarlılık analizini de yapabilir.

#### **Finansal Kabuller (Financial Assumptions)**

EPDK’nın yaptığı son düzenlemeler ile Artvin Çoruh Üniversitesi 01.04.2018 tarihli fatura bilgilerine göre elektrik tüketim fiyatı 0,461 TL/kWh olarak bulunmuştur. Bu aynı zamanda işletmenin 1 kWh’i alım bedelidir. Devletin üreticiden elektriği satın alma bedeli ise 133 Dolar/MWh olarak belirlenmiştir. 01.04.2018 tarihli T.C Merkez Bankası verilerine göre 1 dolar 4,248 TL olarak alınmıştır. Çalışma kapsamında enflasyon oranı Türkiye İstatistik Kurumu Nisan ayı verilerine göre yıllık Üretici Fiyat Endeksi(ÜFE) 16.37 ve Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) 10.85 dir. Döviz kurundaki dalgalanmalarda göz önünde bulundurularak enflasyonun %20’lik bir artış olabileceği öngörüsüyle hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte elektrik ihracat eskalasyon oranı %2.5 olarak kabul edilmiştir.

## SONUÇLAR ve TARTIŞMA (Results and Discussion)

### Enerji Analizi (Energy Analysis)

Bu çalışmada Retscreen ile rüzgâr, güneş ve hibrit olmak üzere üç farklı sistemin karşılaştırması yapılarak mali bir tablo sunulmuştur. Proje yapılandırılırken proje ömrü ve yatırım maliyetinin geri dönme (amorti) süresi devletten alınan teşviklerle beraber hesaplanmıştır. Retscreen yazılımı ile analiz edilen bu hibrit sistemde; Çizelge 1’de 4,29 kW/m<sup>2</sup> olarak verilen yıllık ortalama güneş ışınım miktarları ile bu fotovoltaik paneller maksimum verimde 30,3 V, 8,1 A enerji üretebilmektedir. Paneller sabit yüzey ile 41° açı yapacak şekilde, panellerin verimliliği %15,5, nominal çalışma hücresi sıcaklığı 45 °C, çeşitli kayıplar da %15 olarak belirlenmiştir. Paneller için kullanılan inverterin verimliliği %95, kapasitesi 510 kWp, çeşitli kayıplar %1’dir. Bu veriler ve kabuller belirlendikten sonra 400 kWp’lik sistemin kapasite faktörü %16,1 olarak hesaplanmıştır. Sistem için ilk maliyet gideri program tarafından 720.153\$, işletme ve bakım maliyetleri 9.602 \$ olarak bulunmuştur. Şebekeye verilen elektrik ise 564 MWh, elektrik ihraç geliri de 73.948\$ olarak hesaplanmıştır.

Retscreen programının veri tabanından alınan bilgilere göre, 100 kWp’lik 1 adet rüzgâr türbini için dizilim kayıpları sıfır, kanat kayıpları %2, çeşitli kayıplar %6, kullanılabilirlik %98 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte rüzgârın düşük potansiyeli sebebiyle kapasite faktörü sistem tarafından %12,4 olarak hesaplanmıştır. Türbinin basınç katsayısı 0.089, sıcaklık katsayısı 1.003, özgül randımanı 313 kWh/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Seçilen bu rüzgâr türbini literatürde 2 m/s hıza kadar herhangi bir üretim yapamamaktadır. 3 m/s rüzgâr hızında 2,2109 kW, 4 m/s rüzgâr hızında 5,2322 kW, 5 m/s rüzgâr hızında 10,105 kW enerji üretim kapasitesine sahiptir. Çizelge 2’deki meteoroloji verileri dikkate alınarak bu bant aralığındaki üretim kıyaslanabilmektedir. Bu veriler ile birlikte ilk yatırım maliyeti 180.000\$, işletme ve bakım maliyeti 5040\$’ olarak hesaplanmıştır. Şebekeye verilen elektrik ise 108474 kWh olarak bulunmuştur. Bu elektrikten elde edilen kazanç da 12.403\$ olarak bulunmuştur. Çizelge 3 de Hibrit sistemin maliyet bilgileri yer almaktadır. Fotovoltaik sistemin geri ödeme süresi 11,3 yıl, rüzgâr türbini için 25,8 yıl olarak bulunan süre, toplamda hibrit sistem için 12,7 yıl olarak görülmektedir.

**Çizelge 3.** Hibrit güç tesisi maliyet tablosu

*Table 3. Cost chart for hybrid power plant*

	Kapasite (kWh)	Üretilen Yıllık (kWh)	İlk Maliyetler (\$)	Elektrik İhraç Geliri (\$)	İşletme ve Bakım Maliyetleri (\$)	Basit Geri Ödeme (yıl)
<b>Fotovoltaik</b>	400	563525	720.153	73948	9602	11,3
<b>Rüzgâr Türbini</b>	100	108474	180000	12403	5040	25,8
<b>Hibrit Sistem</b>	500	672000	900153	85351	14642	12,7

### Finansal Analiz (Financial Analysis)

Mali parametrelere ait bilgiler Çizelge 4 de yer almaktadır. Sistem ömrü bu süre ile kısıtlı olmamak kaydıyla 20 yıl olarak kabul edilmiştir. Enflasyon oranı ülkemizin 2018 yılı ekonomik durumundaki dalgalanmaların geçici olduğu düşünülerek %20 seçilmiştir. İskonto oranı ve yeniden yatırım oranı ortalama bir değer %9 kabul edilmiştir. Proje kurulumu için %20 yatırımcının kendi öz sermayesi, geri kalan %80 borç olarak kabul edilmiştir ve bu borç 720.122\$’dır. Borç alımında bankaya ödenecek faiz oranı ise %3’dir. Bu borç bankaya 15 yıl vadeli olarak ödenecektir.



**Çizelge 4.** Finansal parametreler*Table 4. Financial parameters*

<b>Genel</b>	
Enflasyon Oranı	20%
İskonto Oranı	9%
Yeniden Yatırım Oranı	9%
Proje Ömrü	20 yıl
<b>Finansman</b>	
Borç Oranı	80%
Borç	720.122 \$
Öz Varlık	180.026 \$
Borç Faiz Oranı	3%
Borç Vadesi	15
Borç Ödemeleri	65.888 \$

Çizelge 5’de bu sistemin yıllık cirosu gösterilmiştir. Fiyatların %2,5 oranında artacağı öngörülerek eskalasyon oranı %2,5 seçilmiştir. Sera gazı azaltma maliyeti ve maliyet fayda oranı parametreleri modele eklendiğinde daha önce 12,7 yıllık geri ödeme değeri Çizelge 6’da görüldüğü gibi 10,1 yıla kadar düşürülmüştür.

**Çizelge 5.** Yıllık ciro*Table 5. Yearly endorsement*

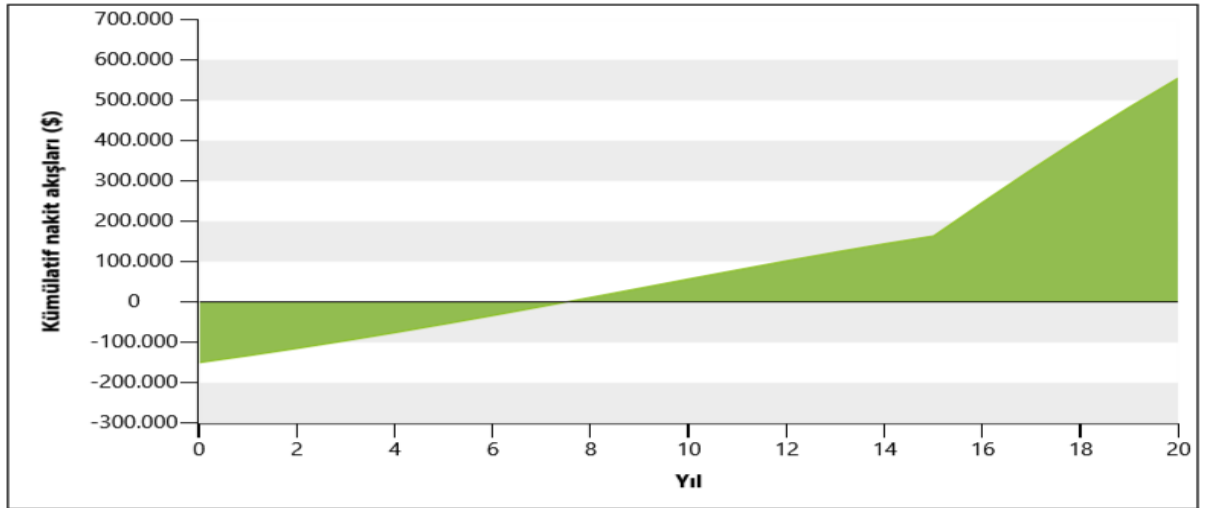
<b>Elektrik İhraç Geliri</b>	<b>Birimi</b>	
Şebekeye Verilen Elektrik	kWh	656.000
Elektrik İhracat Fiyatı	\$/kWh	0,133
Elektrik İhraç Geliri	\$	73.948
Elektrik İhracatı Eskalasyon Oranı	%	2,50%
<b>Temiz Enerji (TE) Üretim Geliri</b>		
TE Üretimi	kWh	656.000
TE Üretim Kredi Oranı	\$/kWh	0,007
TE Üretim Geliri	\$	4592
TE Üretim Kredi Süresi	Yıl	20
TE Üretim Kredi Eskalasyon Oranı	%	2,50%
Yakıt Türü		Şebekeye Verilen Elektrik
Güneş	kWh	564000
Rüzgâr	kWh	108000

Çizelge 6. Finansal sürdürülebilirlik

Table 6. Financial sustainability

Vergi Öncesi İGO- Öz sermaye	%	10,2
Vergi Öncesi DDGO- Öz sermaye	%	9,6
Vergi Öncesi İGO- Varlıklar	%	-3,6
Vergi Öncesi DDGO- Varlıklar	%	1,1
Basit Geri Ödeme	Yıl	11,9
Öz sermaye Geri Ödeme	Yıl	10,1
Net Şimdiki Değer (NPV)	\$	19,763
Yıllık Yaşam Döngüsü Tasarrufları	\$/Yıl	2,165
Maliyet- Fayda Oranı		1,1
Borç Çevrilebilirliği		1,2
Sera gazı Azaltma Maliyeti	\$/Tco2	-41
Enerji Üretim Maliyeti	\$/kWh	0,165

Bu verilere göre kümülatif nakit akışı Şekil 5'de gösterilmiştir. Yapılan analizlerden anlaşılmıştır ki hibrit bir sistemin hem yaz kış elektrik üretimi hem de yatırımın geri dönüş süresini azaltmak gibi pek çok avantajları vardır. Sistemin ömrünü etkileyen en önemli faktörler enflasyon oranı, eskalasyon oranı, kredi faizi ve kullanılan ekipmanların maliyetleridir. Bu parametreler göz önünde bulundurularak yapılan analizler en verimli sonuçları verecektir.



Şekil 5. Kümülatif nakit akışları

Figure 5. Cumulative cash flow

### Sera Gazı Emisyonu (Greenhouse gas emissions)

Sistem, doğaya herhangi bir zarar vermeden ürettiği yılda 672.000 kW enerji ile bu enerjinin üretilmesinde kullanılan fosil yakıtlardan tasarruf ederek 66,6 t/CO<sub>2</sub> salınımının önüne geçmiştir. Ayrıca 154,9 kullanılmayan ham petrol varili veya 12,2 adet trafikte kullanılmayan araç ve kamyonet azlığı sağlanmıştır. Sistemin 20 yılda azaltacağı net sera gazı emisyonu 1.332 tCO<sub>2</sub> dir. Verilerden de anlaşılacağı

üzere küresel ısınmaya negatif etki edecek olan bu sistem ile Türkiye için önemli bir fayda da elde edilmiş olacaktır.

### Genel Değerlendirme (General Evaluations)

Önerilen bu sistem, 245 W birim kapasiteli 1633 adet fotovoltaik panel ve 100 kW kapasiteli bir adet rüzgâr türbini ile yılda toplam 656.000 kWh elektrik üretilip, bu enerjiden yılda 94.054 \$ gelir elde edilmiş olacaktır. Yapılandırılan sistemde elektrik birim fiyatının % 2,5 zamlanacağı kabulü üzerinden sistem ilk maliyetlerini 10,1 yıl gibi bir sürede amorti edecektir. Bu sistem yerleşkenin elektrik ihtiyacının %55,6'unu karşılamaktadır. Bu çalışmada, Nisan 2018 ayına ait ekonomik parametreler ve tahminler kullanılarak bir model oluşturulmuştur. Yatırım yapılırken beklenmeyen herhangi bir gelişme olması durumunda varsayılan parametre değerleri yeniden güncelleme yapılarak yeni bir maliyet analizi kolaylıkla elde edilebilir.

### SONUÇ(CONCLUSION)

Bu çalışmada Artvin Çoruh Üniversitesi enerji ihtiyacı Retscreen programı yardımıyla analiz edilmiştir. Sistemin tasarımı sırasında farklı vaka senaryoları göz önünde bulundurulmuştur. Bu senaryolar özellikle rüzgâr türbini ve fotovoltaik panel seçimleri de önemli bir etken oluşturmaktadır. Ayrıca bölgeye yakın yerlerdeki potansiyellerde göz önünde bulundurulabilecek mümkün olan en uygun konum seçilmeye çalışılmıştır. Maliyet analizi yapılırken yıllık enflasyon oranları da ölçütler arasına eklenmiştir. Elde edilen veriler ışığında ayrı ayrı rüzgâr ve güneş enerjileri ile hibrit sistemler incelenerek en uygun ve en kısa sürede mali geri dönüş yapabilen 500 kW'lık hibrit sistem önerilmiştir. Bu hibrit sistem maliyet, uygun ortam, verimlilik gibi ölçütler bakımından yeterli olduğu için hızlı bir şekilde yatırıma dönüşebilecektir. Böylece yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr ve güneş enerjisini birlikte kullanan verimli bir hibrit sistem yatırımcıya alternatif olarak sunulmuştur. Bu çalışmada, enflasyon ve kredi artış oranı gibi kabul edilen parametre değerleri yeniden güncelleme yapılarak yeni şartlara kolaylıkla adapte edilebilir.

### KAYNAKLAR(REFERENCES)

- Aboumahboub, T., Schaber, K., Tzscheuschler, P., Hamacher, T., 2010. Optimization Of The Utilization Of Renewable Energy Source in The Electricity Sector. *Renewable Energy Resources*, 11, 196-2004.
- Amaral, L., Martins, N., Gouveia, j., "Optimization Of A Renewable Energy Supply System On A Remote Area: Berlenga Island Case Study", *World Renewable Energy Congress*, Sweden, 3484-3491, 8-13 May 2011.
- Bagheri M., Shirzadi N., Bazdar E., Kennedy CA., 2018, "Optimal planning of hybrid renewable energy infrastructure for urban sustainability", *Green Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 95, pp. 254-264.
- Bañosa R. F., Manzano-Agugliaro F., Montoya FG., Gila C., Alcaydeb A., Gómez J., 2011, "Optimization methods applied to renewable and sustainable energy" *A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, No. 4, pp. 1753-1766.
- Çakmak R., Altaş İ.A., "Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Güneş Enerjisi Potansiyeli: Trabzon İli Örneği", *Conference: 2016 National Conference on Electrical, Electronics and Biomedical Engineering (ELECO)*, Bursa, December 2016.
- Demirkol Z. ve Çunkaş M., 2014 "Afyonkarahisar ili yenilenebilir enerji potansiyeli", *Selçuk Univ. J. Eng. Sci. Tec.*, Vol. 2, No. 1, pp. 46-56.
- Erdinç, O., 2012, *Şebekeden Bağımsız Uygulamalar İçin Hibrit Bir Rüzgâr Türbini/Fotovoltaik/Yakıt Hücresi/Batarya Sisteminin Optimizasyonu, Tasarımı Ve Uygulaması*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Google Earth, Artvin İli Seyitler Köyü Kredi Yurtlar Kurumu görüntüsü, <https://www.google.com.tr/search?q=artvin+seyitler+k%C3%B6y%C3%BC&oq=artvin+seyitler+&aqs=chrome.5.69i57j0j69i60j69i59l3.13506j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>, ziyaret tarihi: 07 Eylül 2018.
- Jolly ,A., 2009, *Optimization of Renewable Sources of Energy Use For A Farmland Application At Ridgecrest, Ny,Ms Thesis, Cornell Universty, Department of Electronics and Computer Engineering, New york.*
- Liu Y., Yu S., Zhu Y., Wang D., Liu J., 2018, "Modeling, planning, application and management of energy systems for isolated areas" , *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 82, No. 1, , pp. 460-470.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, *Artvin ili Seyitler Köyü güneş ve rüzgâr potansiyeli verileri*,<https://www.mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx?sSiral=AL&m=ARTVIN>, ziyaret tarihi: 20 Nisan 2018.
- Ugranlı F., 2016, *Rüzgar Enerji Santralleri Entegre Edilmiş Elektrik Şebekelerinde İletim Hattı Planlaması*", Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Verma A., Chakraborti A., Das B., Kasari P. R., Mishra M. Pal S., 2018, "A new topology for hybrid wind-solar generation system for isolated loads", *International Conference on Power*, Thrissur, 1-7,18-20 Jan. 2018.
- Yerli, B., Özdemir E. T., Kaymak M.K., Sezen İ., Efe B.,Eftimiyadis K., Şahin A. D., "500 Kwç Kurulu Güce Haiz Bir Fotovoltaik Tesisin İtü Maslak Yerleşkesinde Homer Ve Retscreen Enerji Model Yazılımlar", *6th Atmospheric Science Symposium*, İstanbul, 2-10, 24-26 April 2013.