



# MİLLÎ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HARP OKULU



## ***MARKAL Modeli ile Türkiye'nin Optimum Enerji Stratejilerinin Belirlenmesi***

*Dr.Egemen SULUKAN*

*EEMKON 2017*

*İstanbul, 16 Kasım 2017*



# MILLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HARP OKULU



## Plan

- Amaç
- Enerji planlaması-makro ölçek
- Modelleme basamakları
- Enerji modeli genel yapısı
- Referans enerji sistemi
- Model bileşenleri
- Alternatif senaryolar
- Enerji Teknoloji Sistem Analiz Programı (ETSAP)
- ETSAP çalışmaları
- Sonuç



# MILLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HARP OKULU



## Amaç

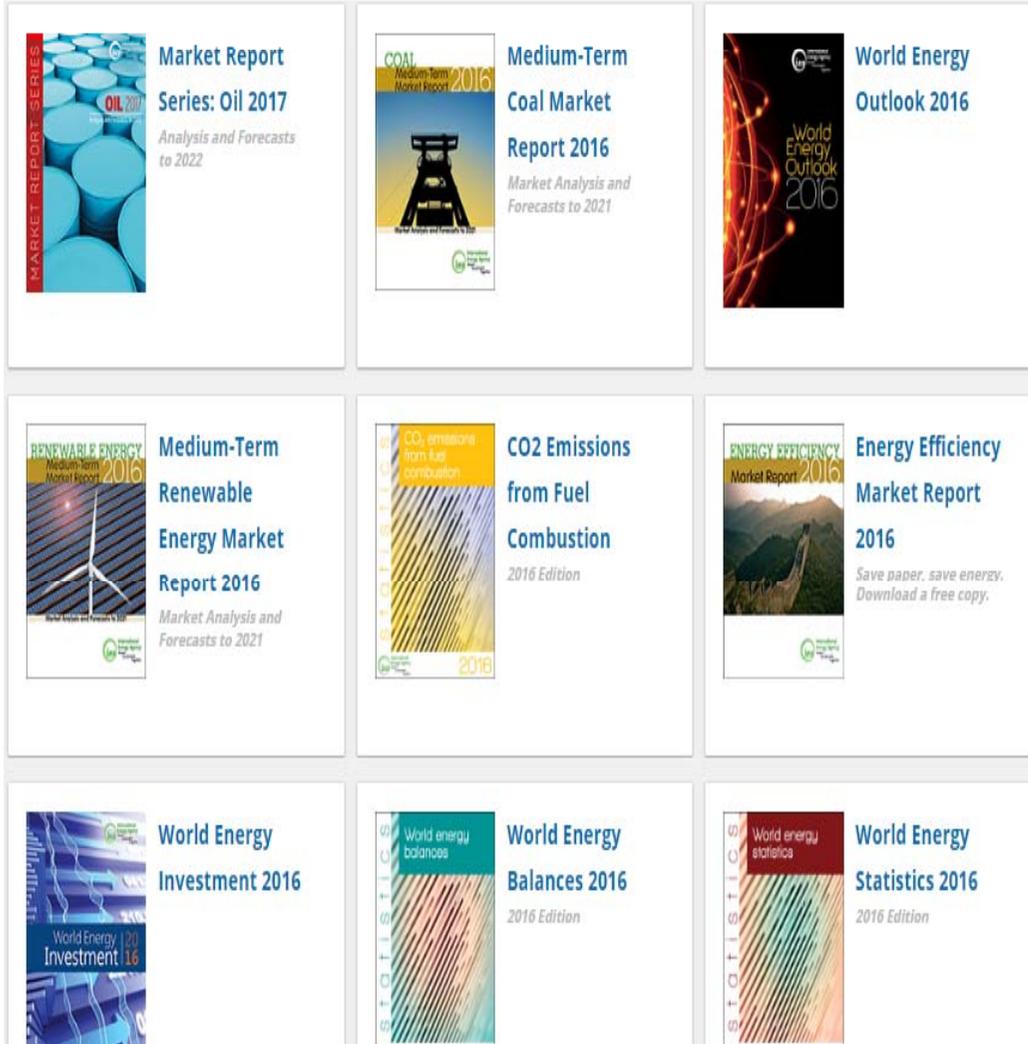
- Uzun vadeli,
- Yerli kaynaklarımızın en yüksek seviyelerde kullanıldığı,
- Maliyet etkin teknoloji ve yakıtların belirlendiği,
- Gelecek teknolojilerini de kapsayan,
- Enerji teknolojileri, ekonomisi ve çevresel faktörleri de içeren,  
(**E**nergy-**E**conomy-**E**cology-**E**ngineering → **4E**)
- Ülke/tüketici çıkarlarını maksimize eden,
- 360° bir analiz ile **sürdürülebilir bir enerji modeli** geliştirmektir.



# MILLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HARP OKULU



## Enerji Planlaması-Makro Ölçek-IEA



### Uluslararası Enerji Ajansı (OECD/IEA)

#### Misyonu

- üyelerine güvenilir, erişilebilir ve temiz enerji sağlamak olarak tanımlanmış.

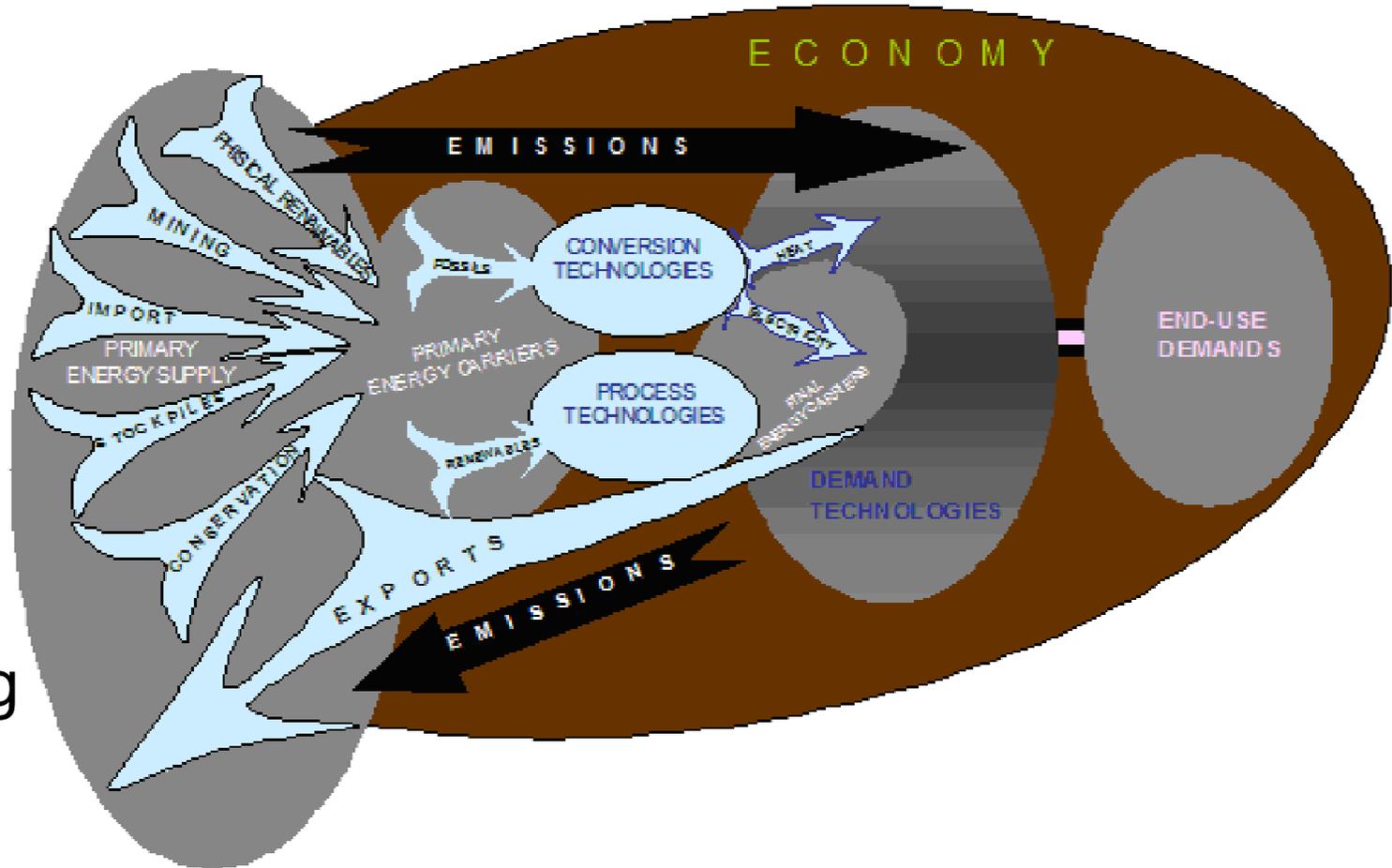
Bu misyon **4 alanda** takip ediliyor:

- enerji güvenliği,
- ekonomik kalkınma,
- çevresel farkındalık
- dünya genelinde katılım.

## Enerji Modeli Genel Yapısı

### 4 E

- Energy
- Economy
- Ecology
- Engineering





# MILLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ

## DENİZ HARP OKULU



**PRIMARY ENERGY SUPPLY**

**CONVERSION TECHNOLOGIES**

**END-USE TECHNOLOGIES**

**DEMAND FOR ENERGY SERVICE**

**(PRIMARY ENERGY)**

**(FINAL ENERGY)**

**(USEFUL ENERGY)**

Renewables, e.g.

- Biomass
- Hydro
- Solar
- Wind

Mining, e.g.

- Crude oil
- Natural gas
- Coal

Imports, e.g.

- Crude oil
- Oil products

Exports, e.g.

- Oil products
- Coal

Fuel Processing Plants, e.g.

- Oil refineries
- Hydrogen prod.
- Ethanol prod.

Power Plants, e.g.

- Conventional fossil fueled
- IGCC
- Solar
- Wind
- Nuclear
- CCGT
- Fuel cells
- Combined heat and power

Industry, e.g.

- Steam boilers
- Machinery

Services, e.g.

- Air conditioners
- Light bulbs

Households, e.g.

- Space heaters
- Refrigerators

Agriculture, e.g.

- Irrigation pumps

Transport, e.g.

- Gasoline car
- Fuel cell bus

Industry, e.g.

- Process steam
- Motive power

Services, e.g.

- Cooling
- Lighting

Households, e.g.

- Space heat
- Refrigeration

Agriculture, e.g.

- Water supply

Transport, e.g.

- Person-km

**RESOURCE SUPPLY-COST CURVES**

**TECHNOLOGY COST AND PERFORMANCE**

**DEVICE & EFFICIENCY COST AND PERFORMANCE**

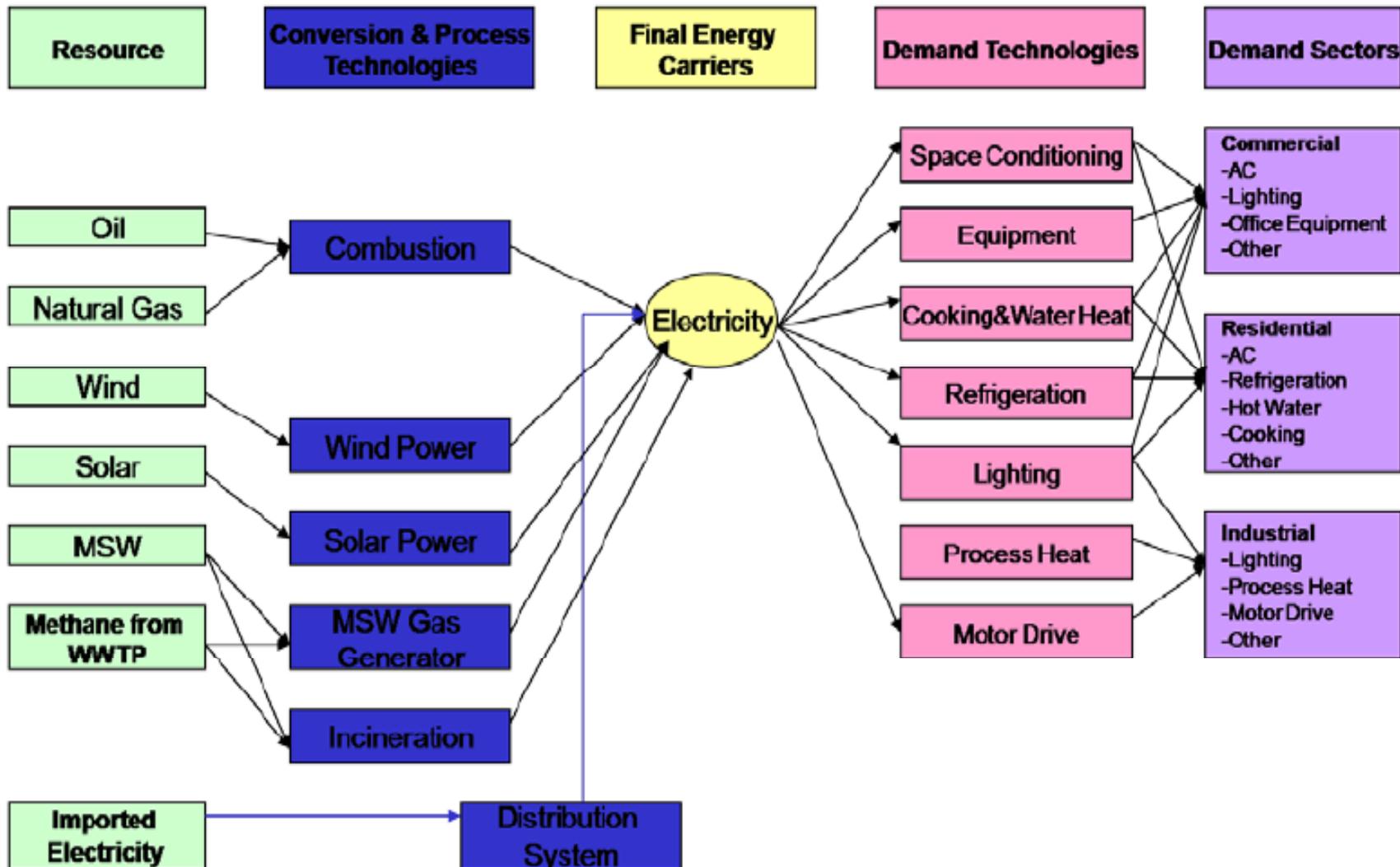
**DEMAND PROJECTIONS**



# MİLLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HARP OKULU



## Referans Enerji Sistemi





# MILLI SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HARP OKULU



## Modelleme Basamakları

- Model hedeflerinin belirlenmesi,
- Model formülasyonu,
- Veri toplama,
- Veri analizi,
- Model kalibrasyonu,
- Temel ve alternatif senaryoların modele uygulanması,
- Modelin çalıştırılması ve makul sonuçların alınması
- Hata analizi.

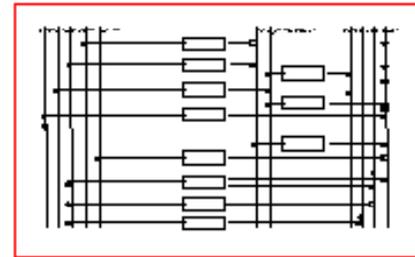


# MİLLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HARP OKULU



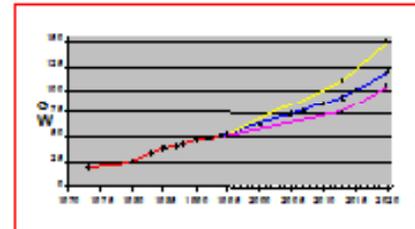
## Enerji Sistem Modeli Bileşenleri

\* Energy system topology & organization



RES

\* Numerical data



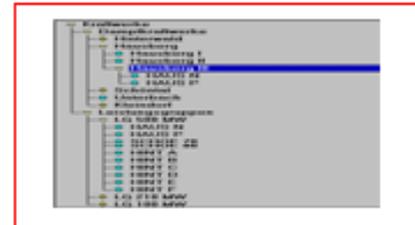
Time Series

\* Mathematical structure  
– transformation equations  
– bounds, constraints  
– user defined relations

$$P_{BHKW\_S} = \eta_{BHKW} \cdot P_{Coal\_BHKW}$$
$$O_{BHKW\_CO_2} = \varepsilon \cdot P_{Coal\_BHKW}$$
$$Q_{BHKW\_H} = \eta_2_{BHKW} \cdot P_{Coal\_BHKW}$$

GAMS Model

\* Scenarios and strategies



Cases



# MILLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HARP OKULU



enerji modelini oluşturan  
iki temel bileşen



Teknoloji



Kaynak



## •Teknik

Teknoloji verimi (EFF)  
Emre amadelik (AV)  
Yıllık kullanım yüzdesi (ANNUT)



## •Ekonomik&Sosyal

GSMH-Nüfus-nüfus artış oranı  
Teknoloji yatırım maliyeti (INVCOST)  
Sabit işletim&bakım maliyetleri (FIXOM)  
Değişken işletim&bakım maliyetleri (VAROM)  
Enerji sistemine giren /çıkan tüm yakıt maliyetleri



## •Çevre

Yakıt/teknoloji bazlı emisyon faktörleri  
(kurulu güç/yıllık faaliyet)  
Emisyon vergisi (uygulanabilir)



## •Mühendislik

Tüm enerji kaynak/çevrim/son kullanıcı teknolojileri  
Sistem yaklaşımı



# MILLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HARP OKULU



## Alternatif Senaryolar

- Arz kaynakları,
- Talep tarafı yönetimi,
- Hizmet dışına ayrılan/ticarileşen teknolojiler,
- Çevrim teknolojileri-enerji santralleri,
- Son kullanıcı teknolojileri,
- Emisyonlar,
- Enerji ithalatı / ihracatı,
- Uluslar arası ilişkilerin / enerji piyasalarının etkileri,
- Kanun / yönetmelik taslak çalışmaları (teşvik, fiyatlandırma)



# MILLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HARP OKULU



## Energy Technology Systems Analysis Programme (ETSAP) Technology Collaboration Programme of the IEA



Unique network of Energy Modelling teams from almost seventy countries use the MARKAL/TIMES family of models to support decision making in energy policy and analyse energy systems development.

A multilateral international agreement. The contracting parties are the governments of twenty countries, the European Commission and two sponsor foundations.



# MILLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HARP OKULU



## ETSAP Faaliyetlerinde Ülkemiz

 **ETSAP** ENERGY TECHNOLOGY SYSTEMS ANALYSIS PROGRAM

International Energy Agency  
Implementing Agreement for a  
Programme of Energy Technology Systems Analysis

**Joint Studies for New and  
Mitigated Energy Systems**

**Final Report of Annex XI (2008-2010)**

October 2011

**Editors:**  
Kathleen Vaillancourt  
GianCarlo Tosato

257	competitiveness in Thailand utilizing MARKAL model. Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University, Thailand. Proceedings of ICROS-SICE International Joint Conference, Fukuoka (Japan), March 21-24, 2010.			Thailand
<b>Turkey</b>				
258	Uyar T.S. Kirlidoğ M. Sağlam M. Sulukan E. (2008). Analysing the Carbon Mitigation Alternatives on Transport in the MARKAL-Turkey Model. Proceedings of the International Energy Workshop (IEW), Paris (France), June 30-July 2, 2008.	2	MARKAL	National: Turkey
259	Sulukan E. Sağlam M. Uyar T.S. Kirlidoğ M. (2010). Determining optimum energy strategies for Turkey by MARKAL model. Journal of Naval Science and Engineering 6 (1): 27-38.	3	MARKAL	National: Turkey
260	Uyar T.S. Kirlidoğ M. Sulukan E. Sağlam M. (2009). Determining Optimum Energy Strategies for Turkey by MARKAL Model. Research Project in Marmara University, Turkey. (Project # FEN-KPS-080805-0177).	2	MARKAL	National: Turkey
261	Sulukan E. (2010). Establishing Energy Efficient Utilization and Cost-Effective Energy Technologies Selection Strategies for Turkey using MARKAL Family of Models. Ph.D. Thesis 2010. Marmara University, Turkey, 125 p.	5	MARKAL	National: Turkey
262	Sulukan E. Sağlam M. Uyar T.S. (2009). Establishing energy efficiency and mitigation strategies in Turkey. Marmara University, Turkey. Proceedings of the ETSAP workshop, Venice (Italy), June 16, 2009.	1	MARKAL	National: Turkey
263	Uyar T.S. Sulukan E. Sağlam M. (2010). Emission Mitigation Scenarios in Turkish MARKAL Model. YTAM, New Technologies Research and Application Center, Marmara University, Istanbul Turkey. Proceedings of the ETSAP workshop, New Delhi (India), January 18-23, 2010.	1	MARKAL	National: Turkey
264	Sağlam M. (2010). Establishing Mitigation Strategies For Energy Related Emissions for Turkey using The MARKAL Family of Models. Ph.D. Thesis 2010. Marmara University, Turkey, 97 p.	5	MARKAL	National: Turkey
265	Sulukan E. Sağlam M. Uyar T.S. Kirlidoğ M. (2010.) A Preliminary Study for Post-Kyoto Period for Turkey by MARKAL Model. Proceedings of 5 <sup>th</sup> Ege Energy Symposium and Exhibition (IEESE-5), Denizli (Turkey), June 27-30, 2010.	2	MARKAL	National: Turkey
<b>Ukraine</b>				
266	Podolets R, Diachuk O. Trypolska G. (2010). Achieving EU Targets on Renewable Energy: Strategy for Ukraine. Department of Sector Forecasting and Market Conditions, Institute for Economy and Forecasting, Ukrainian National Academy of Sciences. Proceedings of the ETSAP workshop, Cork (Ireland), November 24, 2010.	1	TIMES	National: Ukraine
	Podolets R. Diachuk O. (2010). Dual problem of the coal sector development: Case	1	TIMES	National:



# MILLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HARP OKULU



## Analiz Çalışmaları ve Modelde Kaydedilen Gelişmeler

- Enerji **arz** seçenekleri
- Doğalgaz için özel bir referans enerji sistemi
- Sanayi alt kollarında kullanılan enerji **teknolojileri** ve enerji **talepleri**
- Konut enerji sistem analizi ve modellemesi
- Sivil hava taşımacılık sektörü ve teknolojileri
- Sivil denizcilik sektörü ve teknolojileri
- Tarım sektörü ve biyokütleden biyoyakıt üretimi
- Enerji üretim sektörü ve çevrim teknolojileri
- Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretim tesisleri
- GESler
- RESler
- Bina merkezi ısıtma sistemi
- Örnek bir endüstriyel besin işleme tesisi  
**analiz edilerek modellenmiştir.**



# MILLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HARP OKULU



## Devam Eden Çalışmalar

- Farklı karakteristiklerde üç ayrı kent ölçeğinde ve
- Gemi enerji sistem analiz ve modelleme



# MİLLİ SAVUNMA ÜNİVERSİTESİ DENİZ HARP OKULU

