

İKLİM DEĞİŐİKLİĐİ VE TÜRKİYE



 AEA

 **Boğaziçi Üniversitesi**

Ekonomi ve Dış Politika
Araştırmalar Merkezi
edam


istanbul
ekonomi

Proje Çıktıları



- ⌘ Geçmiş Yıllarda Azaltılmış Emisyon Miktarı
- ⌘ Sektörel Emisyon Azaltım Seçenekleri ve Maliyet Raporları
 - ⌘ Enerji,
 - ⌘ Ulaştırma,
 - ⌘ Sanayi,
 - ⌘ Kentleşme
 - ⌘ Tarım ve Ormancılık
- ⌘ Sektörel tedbirler ve makro araçların ekonomiye etkisi raporu
- ⌘ Azaltım Politika Seçenekleri Ve Senaryoları

Proje Ekibi

İsim	Kurum	Görev
Sinan Ülgen	Ekonomi ve Dış Politika Araştırmalar Merkezi Başkanı	Proje yöneticisi
Prof. Dr. Refik Erzan	Boğaziçi Üniversitesi Ekonomi Bölümü	Makro modelleme grubu sorumlusu
Prof. Dr. İlhan Or	Boğaziçi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü	
Doç. Dr. Gürkan Kumbaroğlu	Boğaziçi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü	Sektörel modelleme grubu sorumlusu
Kemal Sarıca	BÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü	
Can Buharalı	İstanbul Ekonomi Danışmanlık Yönetici Ortağı	
Prof. Dr. Emre Alper	Boğaziçi Üniversitesi Ekonomi Bölümü	
Doç Dr. Yıldız Arıkan	Sabancı Üniversitesi Yönetim Bilimleri Fakültesi	
Doç. Dr. Pınar Ardiç	Boğaziçi Üniversitesi Ekonomi Bölümü	
Yrd. Doç. Dr. Ozan Hatipoğlu	Boğaziçi Üniversitesi Ekonomi Bölümü	
Duygu Yılmaz	Ekonomi ve Dış Politika Araştırmalar Merkezi	
Angela Falconer	AEA Technologies PLC	
Daniel Forster	AEA Technologies PLC	
Heather Haydock	AEA Technologies PLC	
Maria Pooley	AEA Technologies PLC	
Steve Pye	AEA Technologies PLC	

MAKRO MODEL



İklim değişikliği ile mücadele konusunda makro maliyetlerin tespiti



**Makroekonomi Çalışma Grubu
Boğaziçi Üniversitesi Ekonomi
Bölümü, Ekonomi ve Ekonometri
Merkezi**

Amaç



- ⌘ Sera gazı azaltım politikası seçeneklerinin ekonomik etkilerinin analizine yönelik dinamik bir model çalışması

Yapılacaklar



- ⌘ Türkiye ekonomisi için üç sektörlü stokastik dinamik genel denge modelinin geliştirilmesi
- ⌘ Modelin Türkiye parametreleri kullanılarak simülasyonu
- ⌘ Kısa ve uzun vadeli öngörülerin yapılması

stokastik dinamik genel denge modeli



- ⌘ Sektörler arası girdi-çıkıtı ilişkilerinin modellenmesi
- ⌘ Emisyon azaltımı seçeneklerinin modele entegre edilmesi
- ⌘ Teknolojik gelişmelerin ve bağımsız şokların modellenmesi
- ⌘ Modelin analitik /nümerik çözümü

Modelin Türkiye parametreleri kullanılarak simülasyonu

Parametreler

- ⌘ Diğer çalışmalar çerçevesinde hesaplanmış veri ve parametrelerin - DPT, Markal grubu, projenin yabancı ortağı ve diğer - modele uyarlanması (örneğin: sermaye stokları, işgücü, sabit sermaye yatırımı, toplam faktör verimliliği vb.)
- ⌘ Diğer parametrelerin ekonometri ve kalibrasyon yöntemleri ile tahmini

parametreleri kullanılarak simülasyonu



Simülasyon:

- ⌘ Modelin bilgisayar kodunun yazılması
- ⌘ Kyoto Protokolü kısıtlamaları olmadan ekonomideki dengelerin nasıl gelişeceğini simülasyonu
- ⌘ Kyoto Protokolü kısıtlamaları ile ekonomideki dengelerin nasıl gelişeceğini simülasyonu

MARKAL ve makroekonomi modellerinin entegrasyonu

- ⌘ MARKAL → Makroekonomi: Emisyon üretimi ve emisyon azaltımı katsayıları
- ⌘ Makroekonomi → MARKAL: Sektörel büyüme ve genel büyüme senaryoları
- ⌘ MARKAL → Makroekonomi: Emisyon üretimi ve emisyon azaltımı katsayıları iterasyonu

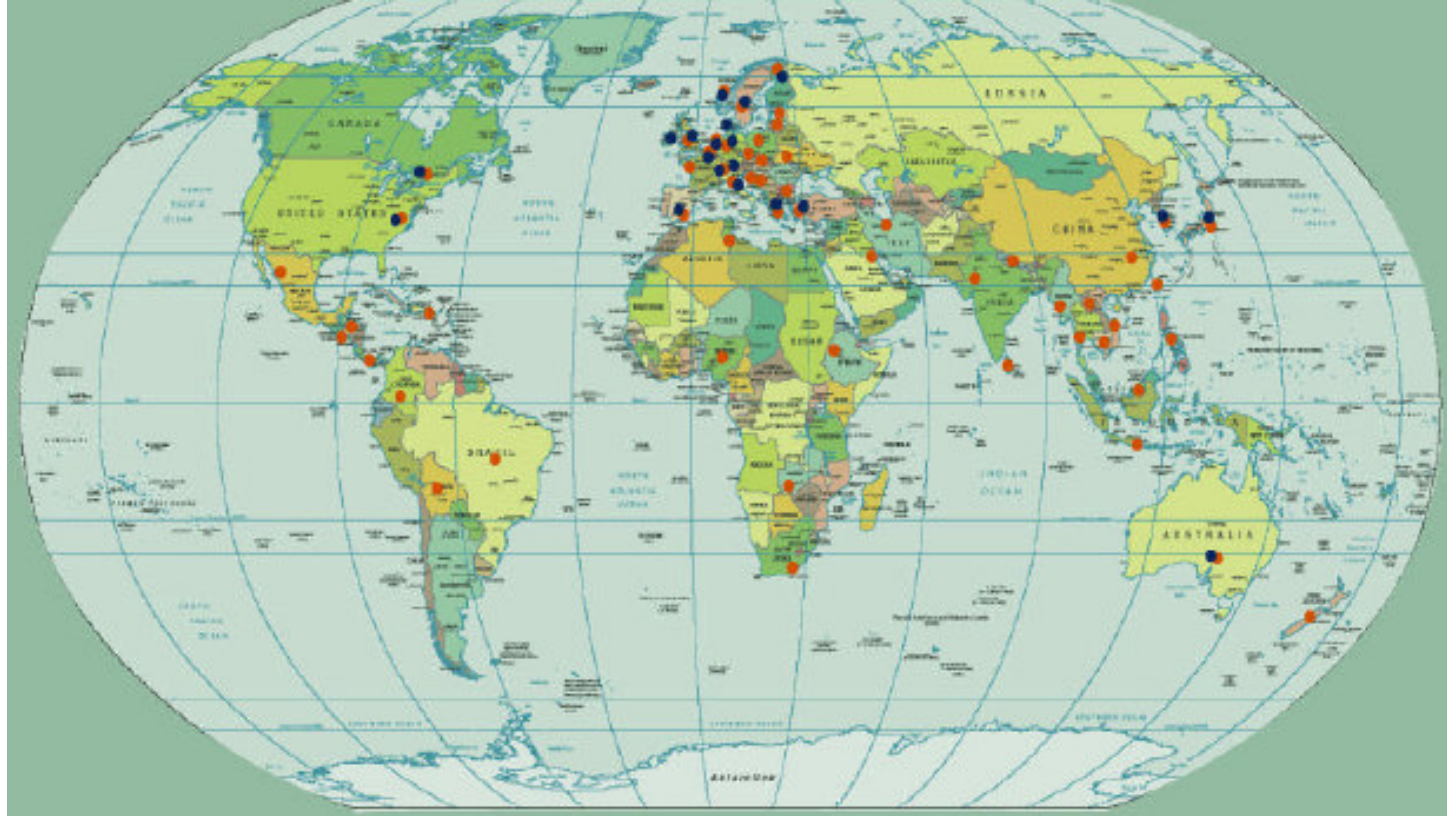
Modelin detayları

- ⌘ Sosyal refah fonksiyonunu en çoklayan bir yöntem ile geliştirilmiştir
- ⌘ Sosyal refah fonksiyonunu tüketim, emisyon ve işgücü arzı etkilemektedir.
 - ☒ Tüketim, üç sektörde üretilen ürünlerden oluşan bir sepet şeklindedir.
 - ☒ İmalat sanayi üretimi, tüketimin yanı sıra sabit sermaye stokunun oluşturulmasında da kullanılmaktadır.
 - ☒ Diğer sektörler ise ya tüketim için, ya da imalat sektöründe üretimde kullanılmaktadır.
 - ☒ Her sektördeki üretimin belli bir oranı o sektördeki emisyonun azaltımı için kullanılabilir.
 - ☒ Sektörel emisyon ise sektörel üretime, sektörel emisyon azaltımına ve sektörel teknolojik gelişmelere bağlı olarak belirlenmektedir.
- ⌘ Sera gazı azaltımı sektörlerde üretimin azalmasına neden olmakta ancak aynı zamanda sektörlerde bağımlı teknolojik gelişmeye ve buna bağlı olarak ileriki dönemlerde azaltımın maliyetini düşmesine yol açmaktadır.

SEKTOREL MODELLEME



MARKAL Modellerinin Dünyada Kullanımı



- ETSAP katılımcıları
- MARKAL kullanıcıları

MARKAL modelinin kullanıldığı bilimsel çalışmalar

Yıl

Adet	3
2008	82
2007	51
2006	20
2005	19
2004	15
2003	7
2002	7
2001	8
2000	5

2009

1. Modelling the UK residential energy sector under long-term decarbonisation scenarios: Comparison between energy systems and sectoral modelling approaches. Applied Energy (0306-2619)

2. Market penetration analysis of the use of hydrogen in the road transport sector of the Madrid region, using MARKAL. International Journal of Hydrogen Energy (0360-3199)

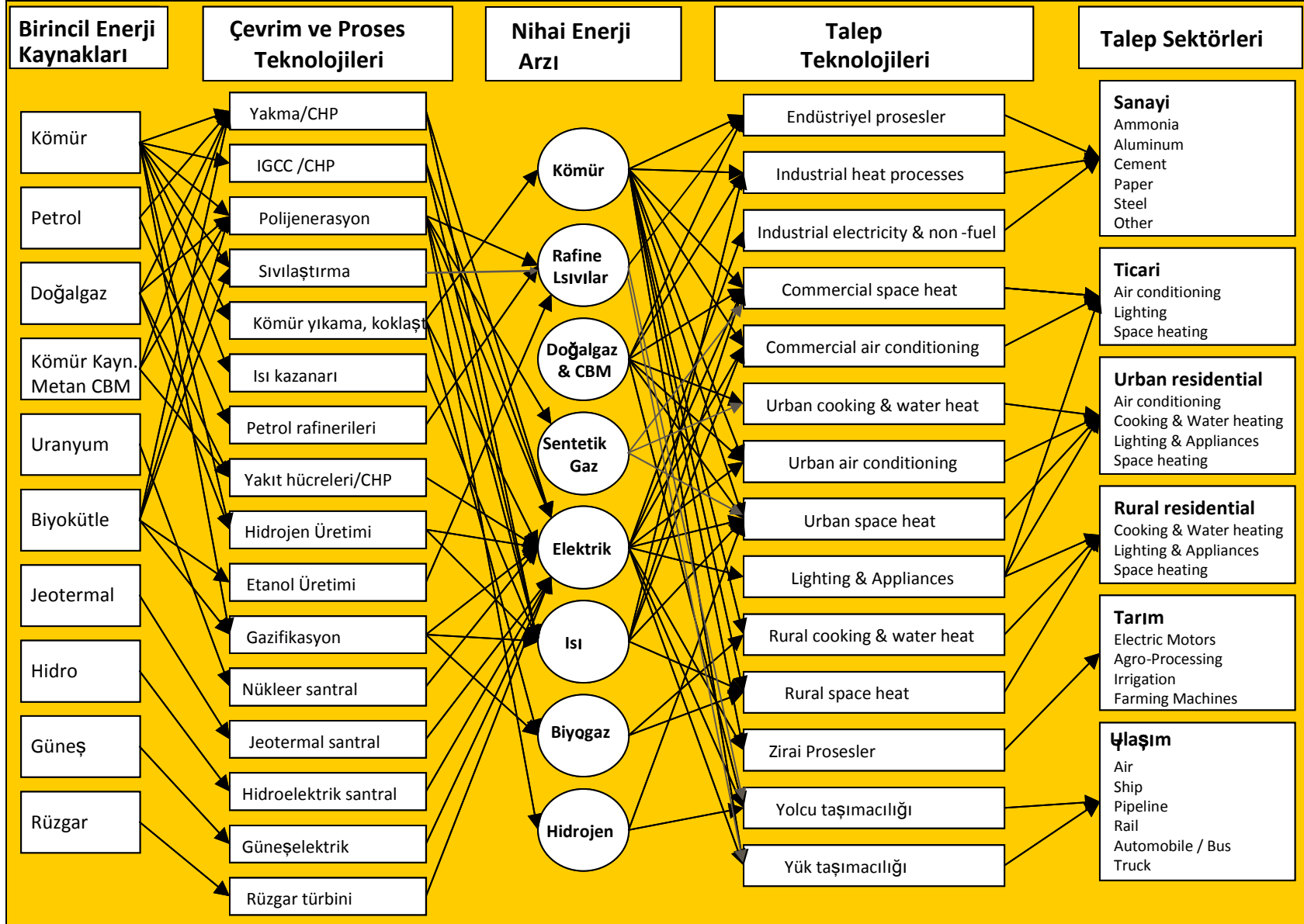
3. World Scientific Series in Nanoscience and Nanotechnology;

2008

1. Hybrid modelling of long-term carbon reduction scenarios for the UK. Energy Economics (0140-9883)

2. Optimizing U.S. Mitigation Strategies for the Light-Duty Transportation Sector: What We Learn from a Bottom-Up Model. Environmental Science & Technology (0013-936X)

MARKAL Basitleştirilmiş Referans Enerji Sistemi



MARKAL Modeli Veri Gereksinimleri Sınıflandırması

i) Baz Yılın Enerji Dengeleri

Öngörülen yaklaşımının aşağıdan yukarıya (bottom-up) olması nedeniyle denge parametreleri sektörel bazlı olup yüksek miktarda veri gerektirmektedir.

Yani, toplam verilerden çok, tabana yayılmış detaylı veriye ihtiyaç vardır.

- Kömür, doğalgaz, petrol, jeotermal, hidro, güneş, rüzgar gibi birincil enerji kaynaklarının üretim, ithalat ve ihracat miktarları;
- Enerji talep eden sektörlerin talep miktarları ve enerjiyi ne şekilde talep ettikleri (ısı, elektrik, basınçlı buhar v.s.);
- Özellikle yoğun enerji talep eden (alüminyum, çimento, cam, kağıt, demir-çelik gibi) endüstriyel sektörler;
- Ulaşım sektörleri: havayolu, deniz, boru hatları, tren yolu, otomobil, kamyon;
- Konut ve hizmet sektörlerinin (konut/bina tipine, yaşına ve kullanımına bağlı olarak) aydınlanma, ısınma, havalandırma v.s. ihtiyaçları;

ii) Baz Yılın GSYİH'si ve Potansiyel Artış Tahminleri

GSYİH artış faktörleri model çalıştırılırken yapılacak senaryo analizlerinde kilit bir rol oynamaktadır.

MARKAL Modeli Veri Gereksinimleri Sınıflandırması

iii) Mevcut Sistemin Değişken ve Sabit Maliyetleri

Baz yıl için, tabandan hareketle, enerji sisteminin toplam maliyetinin belirlenmesi

- Birincil enerji kaynaklarının ithalat, üretim, taşıma maliyetleri;
- Çevrim santrallerinde (doğalgaz, kömür, rafineri, nükleer, jeotermal, rüzgar v.s.) işleme maliyetleri;
- Son kullanıcı teknolojilerinde enerjinin ısıtma, aydınlatma, ısı işlemler gibi hizmetlere çevrim maliyetleri;

iv) Fiyat ve Maliyet Projeksiyonları

(iii)te sözü edilen fiyat ve maliyetlerin planlama dönemi boyunca projeksiyonları

v) Enerji Teknolojilerinin Verimlilik, Emre Amadelik Faktörleri,

Çevrim Teknolojileri: Rüzgar, güneş, kombine çevrim, akışkan yataklı kömür, geleneksel kömür, petrol rafinerileri, kömür yıkama, nükleer, jeotermal santralleri gibi kullanılan ve gelecekte kullanılması muhtemel teknolojiler.

Talep teknolojileri: Son kullanıcının elindeki her türlü enerji talep eden aygıtın (fabrika ekipmanları, ütü, şofben, aydınlatma, ocaklar, su ısıtıcılar, televizyonlar, klimalar, v.s.) ulusal düzeydeki sayıları ve dönemsel enerji kullanım profilleri. Ayrıca, halen kullanımda olmayan ancak gelecekte ticari olması beklenen talep teknolojilerin ilgili parametreleri.

MARKAL Modeli Veri Gereksinimleri Sınıflandırması

vi) Çevresel Katsayılar ve Zaman Bağımlılıkları

Sözü edilen tüm teknolojilerin sera gazı emisyon faktörlerinin ve bu faktörlerin zamana bağlı değişimleri.

vii) Fiyat Esneklikleri

Her türlü enerji fiyatındaki birim değişikliğin her bir çevrim ve/veya talep teknolojisinin birim kullanımını ne kadar değiştireceğidir. Kullanılan her enerji türü ve her aygıt için ayrı esneklik değerlerinin belirlenmesi söz konusudur.

Talep Kategorileri:

Ticari	Alan ısıtma &soğutma	Hastane	Ticari	Pişirme için	Hastane
		Okul			Uzun süreli konaklama
		Uzun süreli konaklama			Seyahat amaçlı konaklama
		Seyahat amaçlı konaklama			Yeme-içme yerleri
		Yeme-içme yerleri			Sokak Aydınlatma
		Eğlence merkezleri			Hastane
		Terminal			Okul
		Büro			Uzun süreli konaklama
		Ticarethaneler			Seyahat amaçlı konaklama
		İbadethane			Yeme-içme yerleri
Ticari	Sıcak Su	Hastane	Ticari	Aydınlatma için	Eğlence merkezleri
		Uzun süreli konaklama			Terminal
		Seyahat amaçlı konaklama			Büro
		Yeme-içme yerleri			Ticarethaneler
		Terminal			İbadethane

Ticari	Soğutucu ve Dondurucu	Hastane
		Uzun süreli konaklama
		Seyahat amaçlı konaklama
		Yeme-içme yerleri
	Görüntüleme için	Hastane
		Büro

Talep Kategorileri:

Sanayi

Sanayi	Demir - Çelik	
	Çimento	
		Kağıt Hamuru
	Kağıt	Beyaz Hamur Kağıdı
		Gazete Kağıdı
		Tuvalet Kağıdı
		Diğer
	Demir olmayan metal	
	Kimyasal	Plastik
		Gübre
	Cam	Cam
	Otomotiv	Otomobil
		Kamyon
		Otobüs
	Dayanıklı Eşya	Büyük Elektrikli Aletler
		Küçük Elektrikli Aletler
Gıda		
Diğer		

Talep Kategorileri: Konut-Ulaştırma-Tarım

Konut	Sıcak Su
	Piştirme
	Aydınlatma
	Soğutucu ve Dondurucu
	Çamaşır Makinesi
	Kurutucu
	Bulaşık Makinesi
	Televizyon
	Diğer Elektrikli Ev Aletleri

Konut	Alan Isıtma	Müstakil
		Gece Kondu
	Alan Soğutma	Toplu Konut
		Müstakil
		Gecekondu
		Toplu Konut

Ulaştırma	Otomobil
	Otobüs
	Minibüs
	Kamyon
	Kamyonet
	Havacılık
	Yük treni
	Yolcu treni
	Denizcilik

Tarım	Seracılık
	Zirai Araçlar
	Diğer

Teknolojilerden Örnekler

ULAŞTIRMA		
Otomobil	Küçük motor hacmi ⁽¹⁾	Benzin
		Dizel
		LPG
	Büyük motor hacmi ⁽²⁾	Benzin
		Dizel
		LPG
Otobüs		O-Teknoloji-1 O-Teknoloji-2
Minibüs		Dizel
Kamyon		K-Teknoloji-1 K-Teknoloji-2
Kamyonet		Dizel
Havacılık,	Büyük uçak	BU-Teknoloji-1
		BU-Teknoloji-2
	Küçük uçak	KU-Teknoloji-1
		KU-Teknoloji-2
	Kargo	KarU-Teknoloji-1
		KarU-Teknoloji-2
Raylı Taşımacılık	Yük treni	Elektrikli
		Dizel Yakıtlı
	Yolcu treni	Elektrikli
		Dizel Yakıtlı
Denizcilik	Şehirlerarası	Yolcu Vapuru-1
		Deniz Otobüsü-1
	Şehiriçi	Yolcu Vapuru-2
		Deniz Otobüsü-2
	Yük Gemisi	KarG-Teknoloji-1
		KarG-Teknoloji-2

ALAN ISITMA
Doğal gaz-Yoğuşmalı
Doğal gaz-Yoğuşmasız
Kömür
Elektrikli soba
Elektrikli klima
Elektrikli yer altından ısıtma pompası
Fuel Oil
Odun
Tüp
Isı Radyatörü
Solar
Bioyakıt
Merkezi Doğal gaz
Merkezi Kömür
Merkezi Fuel Oil
Merkezi Elektrikli klima
Merkezi Elektrikli yer altı ısı pompası

SANAYİ	
Otomotiv Endüstrisi yüksek ısı işlem teknolojileri (HTH)	Kok ocağı gazı
	Kok
	Elektrik
	Kömür
	Ağır fuel oil
	Hafif fuel oil
	LPG
	Doğal Gaz
	Buhar
	Orta ısı işlem teknolojileri, düşük ısı işlem teknolojileri, motor teknolojileri, diğer işlem teknolojileri,.....

**Soğutma teknolojileri,
sıcak su ve pişirme
teknolojileri**

MARKAL Modeli Genel Yapısı

Amaç Fonksiyon

Maliyet fonksiyonu yıllık indirgenmiş maliyet hesabına dayalı olarak oluşturulacaktır.

Maliyet kalemleri olarak yıllık indirgenmiş teknoloji yatırım maliyetleri, değişken ve sabit teknoloji işletme ve bakım maliyetleri, dışarıdan ithal edilen enerji maliyetleri, yerli üretilen kaynakların maliyetleri, ihraç edilen enerji ve malzemelerden elde edilen ciro, yakıt ve malzeme dağıtım maliyetleri, indirgenmiş talep sonucu refah kaybı ve enerji kaynakları, teknolojileri, emisyonları ile ilişkili vergiler ve teşvikler olarak sıralanabilir.

Her dönem yatırım maliyetleri ilk önce yıllık bazda indirgenerek önce diğer yıllık maliyetlerle toplanacaktır. Daha sonra, tüm maliyetler, iskonto edilmiş cari değer yöntemiyle, referans yıla indirgenecektir.

1. Kısıt Kümesi: Enerji Taleplerinin Karşılanması

Tüm planlama dönemi boyunca her zaman diliminde ortaya konan enerji taleplerinin varolan kapasiteyle ve/veya yeni kapasite ekleyerek karşılanması. Referans senaryo için, tüm talepler dışarıdan girilecek ve sabit olacaktır. Diğer senaryolar da ise talepler fiyatlara (ve fiat esnekliklerine) bağlı olarak içsel belirlenecektir.

MARKAL Modeli Genel Yapısı

2. Kısıt Kümesi: Kapasite Transferleri

Herhangi bir teknolojiye yatırım yapmanın o teknolojinin kapasitesini, o teknolojinin fiziksel ömrü boyunca arttıracığı kabul edilecektir (ömrün sonunda, ömrü dolan kapasite toplam kapasiteden düşülecektir).

Her hangi bir dönemde kullanılabilir kapasite hesaplanırken, o dönem ömrünü tamamlayan veya yeni devreye giren kapasiteler ile birlikte, daha önceden tamamlanmış olan ve halen aktif bulunan kapasiteler (eskime payları ile birlikte) dikkate alınacaktır.

3. Kısıt Kümesi: Kapasite Kullanımı

Her hangi bir dönemde, model kapasitenin tümünü veya bir bölümünü kullanmayı (emre amadelik faktörüne bağlı olarak) tercih edebilecektir. Model bazı dönemlerde (maliyetlerin durumuna bağlı olarak) tüm kapasiteyi kullanmayabilir. Bunun yanında, tüm kapasitenin kullanımı teknolojiye ve zamana göre zorlanabilecektir.

4. Kısıt Kümesi: Hammadde (Enerji Taşıyıcıları ve Malzeme) Dengeleri

Her dönemde üretilen ve ithal edilen enerji taşıyıcıların toplamı en az tüketilen ve ihraç edilen malzemelerin toplamına eşit olmalıdır. Hammaddeler için ise her durumda eşit olmalıdır.

MARKAL Modeli Genel Yapısı

5. Kısıt Kümesi: Elektrik ve Isı Dengesi

Her mevsim ve günde üretilen ve ithal edilen elektrik veya ısı toplamı en az tüketilen, ihraç edilen ve kayıplar toplamına eşit olmalıdır.

6. Kısıt Kümesi: En Yüksek Talep Rezervi (sadece Elektrik için)

Bu kısıt, talep ve arz tarafından kaynaklanabilecek belirsizliklerde elektrik kesintisi yaşamamak için, elektrik üretim teknolojilerinin kapasitesinin, tüm günler için tepe elektrik talebinin belli bir oranı kadar, daha fazla olmasını zorlayan kısıttır. Bu oran ayrıca Tepe Rezerv Faktörü olarak belirtilecektir.

7. Kısıt Kümesi Temel Yük (sadece Elektrik)

Hangi teknolojilerin temel yük teknolojileri olarak tanımlanacağı kullanıcı tarafından yapılacaktır. İsminden anlaşılacağı üzere, bu teknolojilerin, üretim düzeylerinin (nükleer, kömür ve benzeri gibi) gün içindeki yük dalgalanmalarından etkilenmemeleri gerekir.

8. Kısıt Kümesi: Mevsimsel Emre Amadelik Faktörleri (Elektrik ve Isı için)

Kullanıcı, bazı teknolojiler için, mevsimsel kapasite kısıtları koyabilecektir. Bu yapı özellikle depolanamayan rüzgar, güneş veya kısmi depolama yapılabilen barajlar için önemlidir.

MARKAL Modeli Genel Yapısı

9. Kısıt Kümesi: Emisyon Kısıtları

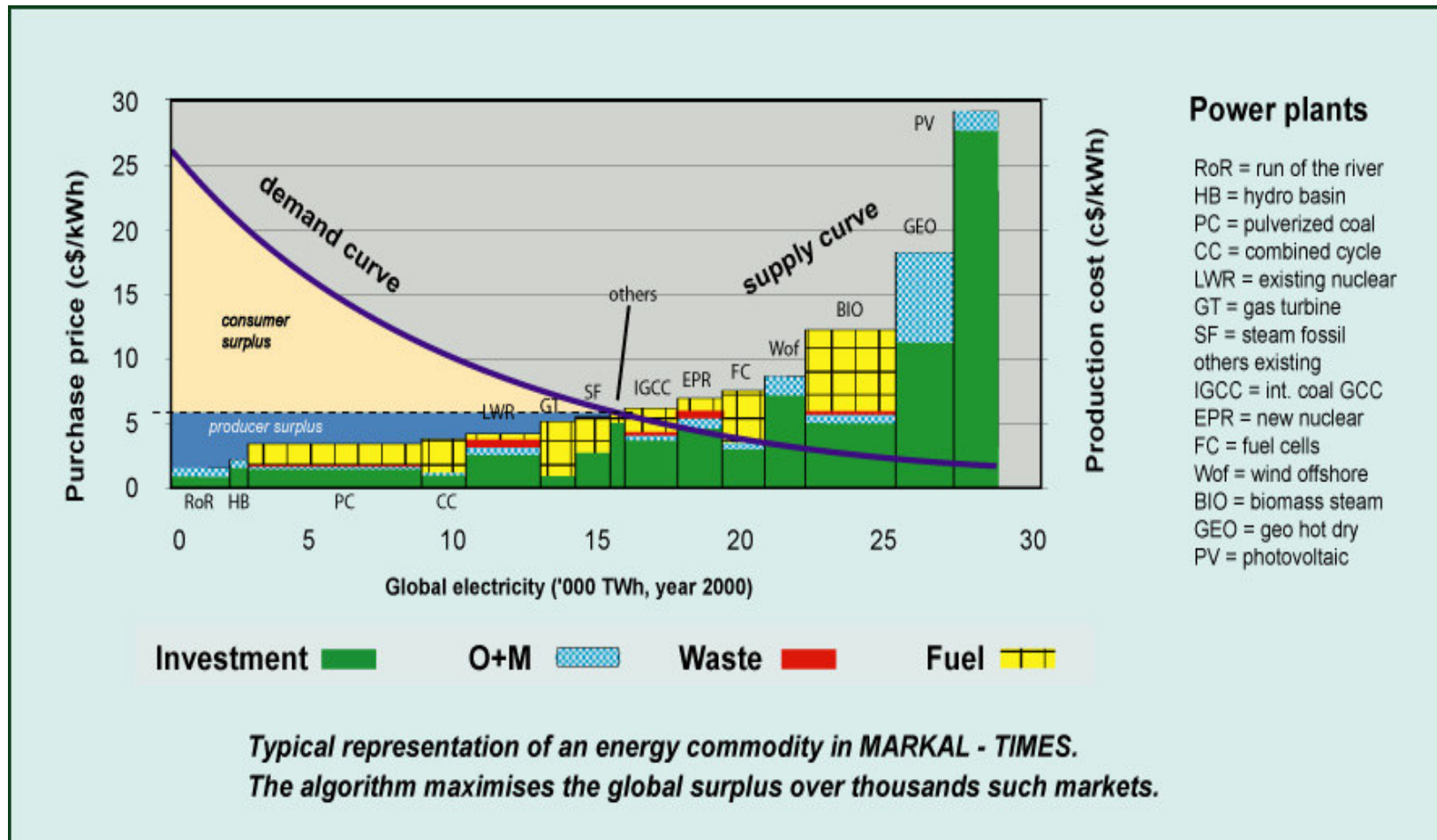
Kullanıcı, isteğine bağılı olmak üzere, enerji üretimi veya tüketimi kaynaklı her türlü istenmeyen emisyon için sektörel ve/veya dönemsel kısıtlar konabilecektir.

Oluşturulan model her teknoloji, sektör için ne zaman ve ne kadar yatırım yapılması gerektiğine yönelik kararlar verecek, kullanılabilir kapasiteleri dikkate alacak, gerekli üretim, ithalat ve ihracat rakamlarını belirli talep ve emisyon seviyelerini dikkate alarak yukarıda bahsi geçen kısıtlar altında öngörmeye çalışacaktır.

Referans senaryo çeşitli kalibrasyon faktörleri ile kalibre edilip hassasiyet analizleri yapılacaktır.

Model doğrulama ise uzman görüşleri baz alınarak gerçekleştirilecektir.

MARKAL Arz-talep dengesi



Senaryo Analizleri

Bu aşamada hedef, ulusal düzeyde, toplamda ve her enerji tipi için, enerji üretim, çevrim, iletim, tüketim miktar ve maliyetleri, ilgili yatırımların miktar ve maliyetleri, sera gazı salınım miktarları gibi temel enerji ve çevre politikaları çıktılarının planlama süresindeki (30 yıl) performansını, muhtelif büyüme, enerji kaynakları arz ve fiyatları, yatırım ve teknoloji teşvikleri, emisyon kısıtları kabul ve senaryoları altında, model çıktısı olarak elde ederek incelemektir.

Aşağıdaki senaryo kümeleri titizlikle tanımlanacak ve incelenecektir.

Ekonomik ve Nüfussal Büyüme Senaryoları.

Ulusal nüfusun ve ekonominin gelişimi enerji arz ve tüketimi (dolayısı ile de sözüne ettiğimiz çıktılar) etkileyen en temel faktörlerdir. Bu faktörlerin planlama süresinceki gelişimi ile ilgili bir dizi senaryo tanımlanacak ve model bu senaryolar üzerinden çalıştırılacaktır.

Enerji Kaynakları Arz ve Fiyatları Senaryoları.

Petrol, kömür, doğalgaz gibi enerji kaynaklarının uluslararası ve ulusal fiyatları ile ulusal kullanıma arzları üstündeki kısıtlar da sözünü ettiğimiz çıktılar yakından etkiler. Geliştirilecek modelde bu etkileri somut olarak izlemek mümkün olacaktır.

Dolayısı ile muhtelif enerji kaynakları arz ve fiyatları ile ilgili bir dizi senaryo oluşturularak, model bu senaryolar üzerinden çalıştırılacaktır.

Senaryo Analizleri

Yatırım ve Teknoloji Teşvikleri Senaryoları

Enerji kaynaklarının fiyatlarının yanı sıra, belli tip enerji üretimini etkileyen en önemli faktör ilgili teknolojik gelişim ve yatırımlar üstündeki finansman kolaylığı ve teşviklerdir. Geliştirilecek model muhtelif teşvik politikalarının sektör üzerindeki etkilerini izlemeye imkân sağlayacaktır.

Dolayısı ile muhtelif yatırım ve teknoloji teşvikleri ile ilgili bir dizi senaryo oluşturularak, model bu senaryolar üzerinden çalıştırılacaktır.

Emisyon Kısıtları Senaryoları

Ulusal enerji ve çevre politikalarının Kyoto Protokolü ile uyumlandırılması, esas itibarı ile, bu Protokol'ün Türkiye için öngördüğü/önerdiği (veya öngörebileceği/önerebileceği) sera gazı salınımı kısıtlamalarının ulusal düzeyde sağlanması ile mümkündür.

Sera gazı salınım kısıtları ise, doğal olarak, enerji tiplerine yatırımları, enerji kaynakları kullanımlarını, enerji teknolojilerinin gelişimlerini, enerji fiyatlarını doğrudan etkiler; öte yandan geliştirilecek model belirlenen bir sera gazı emisyon seviyesine en az maliyetle nasıl ulaşılabileceği konusunda öneri verebilecektir.

Dolayısı ile, muhtelif emisyon kısıtları ve düzeyleri ile ilgili bir dizi senaryo oluşturularak, model bu senaryolar üzerinden çalıştırılacaktır.

Senaryo Analizleri

Sözü edilen faktörlerin (ve ilgili senaryoların) tamamen birbirlerinden bağımsız olarak incelenmesi, doğal olarak yeterli olmayacaktır.

Yani, senaryo analizinin bu faktörlerin birlikte etkileşimine de izin verecek şekilde tasarlanıp yürütülmesi öngörülmektedir.

BAŞARI FAKTÖRLERİ



⌘ VERİ ... VERİ ... VERİ

⌘ İlgili kurumlardan verilerin toplanması
ihtiyacı



SORULARINIZ ?