



**ENERJİ ÇEŞİTLİLİĞİ AÇISINDAN TÜRKİYE’NİN ENERJİ
PROJEKSİYONUNUN İNCELENMESİ**

Cengiz AMİL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Cengiz AMİL

09/09/2021

ENERJİ ÇEŞİTLİLİĞİ AÇISINDAN TÜRKİYE’NİN ENERJİ PROJEKSİYONUNUN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Cengiz AMİL

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2021

ÖZET

Enerji konusu, hızla artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılayabilmek için günümüzde daha önemli hale gelmiştir. Fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik ve termal enerjiler fosil yakıtlarının yakın bir gelecekte tükeneyeceği senaryosu göz önünde bulundurulduğunda bizi yenilenebilir enerji kaynaklarına ve enerji verimliliğine sürüklemektedir. Bu çalışmada bölgesel ısıtma, teknik ve market simülasyonu, düşük ve yüksek kapasite senaryoları ve hidrojen senaryoları hesapları yapılarak Türkiye’nin 2030 ve 2050 enerji projeksiyonu yapılmıştır. Bu sayede var olan enerji tüketimi, atık ısının azaltılması/kullanılması ile daha verimli hale gelecektir. Çalışmada 2030 ve 2050 yılları için farklı kapasite ve hidrojen karışım senaryoları yer almıştır. Projeksiyonda yer alan senaryoların enerji karşılama kapasiteleri ve enerji kaynakları çeşitliliği irdelenmiştir. Çalışmada belirtilen senaryoların talep ve tedarik hesaplamaları, yakıt tüketimleri, CO₂ emisyonları EnergyPLAN yazılımıyla hesaplanmıştır. Farklı enerji çeşitlerinin de hesaba dahil edilmesiyle enerji ihtiyacı karşılanırken enerji maliyetlerinin de azalması sağlanmaktadır.

Bilim Kodu : 91408

Anahtar Kelimeler : Enerji

Sayfa Adedi : 103

Danışman : Doç. Dr. Mustafa Zeki YILMAZOĞLU

INVESTIGATION OF TURKEY'S ENERGY PROJECTION IN TERMS OF ENERGY DIVERSITY

(M. Sc. Thesis)

Cengiz AMİL

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2021

ABSTRACT

The issue of energy has become more important today in order to meet the needs of the rapidly increasing world population. Electricity and thermal energies obtained from fossil fuels and renewable energy sources led us to renewable energy sources and energy efficiency, considering the scenario that fossil fuels will be depleted in the near future. In this study, Turkey's 2030 and 2050 energy projections were made by calculating district heating, technical and market simulation, low and high capacity scenarios and hydrogen scenarios. In this way, existing energy consumption will become more efficient by reducing/using waste heat. Different capacity and hydrogen mixture scenarios for the years 2030 and 2050 were included in the study. The energy supply capacities of the scenarios in the projection and the diversity of energy sources were examined. The demand and supply calculations, fuel consumption and CO₂ emissions of the scenarios specified in the study were calculated with the EnergyPLAN software. By including different types of energy into the calculation, energy needs were met while reducing energy costs.

Science Code : 91408

Key Words : Energy

Page Number : 103

Supervisor : Assoc. D. Mustafa Zeki YILMAZOĞLU

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yapmada bana desteğini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Mustafa Zeki YILMAZOĞLU'na, tezin yazımı esnasında çocuklarımızla ilgilenerek bana gerekli zamanı sunan eşime ve aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	7
3. MODELLEME ve ANALİZLER.....	21
3.1. Türkiye'nin Mevcut Enerji Durumu.....	21
3.2. Türkiye'nin Enerji Politikası.....	26
3.3. EnergyPLAN Simülasyonları.....	32
3.4. EnergyPLAN Uygulaması.....	33
3.5. 2030 ve 2050 Yılı Türkiye Enerji Potansiyeli.....	36
4. SONUÇLAR.....	41
4.1. 2030 ve 2050 Yılı Türkiye Projeksiyonu.....	41
4.1.1. Verilerin elde edilmesi.....	41
4.1.2. Simüle edilen senaryolar.....	46
4.1.3. Simülasyon maliyet kıyaslaması.....	70

Sayfa

4.1.4. Hidrojen senaryoları.....	72
5. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER.....	79
5.1. Değerlendirme.....	79
5.2. Öneriler.....	81
EKLER.....	87
EK-1. 2030 Türkiye Projeksiyon Alternatif-1 Teknik Simülasyon.....	88
EK-2. 2030 Türkiye Projeksiyon Alternatif-1 Market Simülasyonu.....	89
EK-3. 2030 Türkiye Projeksiyon Alternatif-2 %20 Düşük Kapasite.....	90
EK-4. 2030 Türkiye Projeksiyon Alternatif-3 %20 Yüksek Kapasite.....	91
EK-5. 2030 Türkiye Projeksiyon Alternatif-4 %5 Hidrojen Karışımı.....	92
EK-6. 2030 Türkiye Projeksiyon Alternatif-5 %10 Hidrojen Karışımı.....	93
EK-7. 2030 Türkiye Projeksiyon Alternatif-6 %20 Hidrojen Karışımı.....	94
EK-8. 2050 Türkiye Projeksiyon Alternatif-1 Teknik Simülasyon.....	95
EK-9. 2050 Türkiye Projeksiyon Alternatif-1 Market Simülasyonu.....	96
EK-10. 2050 Türkiye Projeksiyon Alternatif-2 %20 Düşük Kapasite.....	97
EK-11. 2050 Türkiye Projeksiyon Alternatif-3 %20 Yüksek Kapasite.....	98
EK-12. 2050 Türkiye Projeksiyon Alternatif-4 %5 Hidrojen Karışımı.....	99
EK-13. 2050 Türkiye Projeksiyon Alternatif-5 %10 Hidrojen Karışımı.....	100
EK-14. 2050 Türkiye Projeksiyon Alternatif-6 %20 Hidrojen Karışımı.....	101
EK-15. 2018 Türkiye Enerji Denge Tablosu.....	102
ÖZGEÇMİŞ.....	103

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. 2019 Birincil kaynaklara göre kurulu güç.....	22
Çizelge 3.2. 2019 Birincil kaynaklara göre elektrik enerjisi üretimi	22



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1.1990-2019 Danimarka elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılım grafiği	12
Şekil 3.1. Kurulu güç ve elektrik üretimi içinde yerli kömür payı [31].....	24
Şekil 3.2. EnergyPlan ara yüzü.....	32
Şekil 3.3. EnergyPlan girdi ve çıktıları.....	34
Şekil 3.4. 2030 yılı kurulu gücü(MW) ve yüzdeleri.....	38
Şekil 3.5. 2050 yılı kurulu gücü(MW) ve yüzdeleri.....	39
Şekil 4.1. CO ₂ azaltım miktarı(Mt/yıl).....	73
Şekil 4.2. CO ₂ emisyon tasarrufları.....	73

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. 2019 Birincil kaynaklara göre kurulu güç yüzdesi.....	21
Resim 3.2. 2019 Birincil kaynaklara göre elektrik enerjisi dağılımı.....	23
Resim 4.1. 2030 ve 2050 Teknik simülasyon strateji seçimi.....	47
Resim 4.2. 2030 yılı Ocak ayı 1.hafta bölgesel ısıtma sonuçları.....	48
Resim 4.3. 2050 yılı Ocak ayı 1.hafta bölgesel ısıtma sonuçları.....	48
Resim 4.4. 2030 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları.....	49
Resim 4.5. 2050 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları.....	50
Resim 4.6. 2030 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları.....	51
Resim 4.7. 2050 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları.....	51
Resim 4.8. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları.....	52
Resim 4.9. 2050 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları.....	53
Resim 4.10. 2030 ve 2050 Market ekonomik simülasyon strateji seçimi.....	54
Resim 4.11. 2030 yılı Ocak ayı 1.hafta bölgesel ısıtma sonuçları (Market simülasyon)..	54
Resim 4.13. 2030 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları(Market simülasyon).....	56
Resim 4.140. 2050 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları (Market simülasyon).....	56
Resim 4.15. 2030 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları (Market simülasyon).....	57
Resim 4.16. 2050 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları (Market simülasyon).....	58
Resim 4.17. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları(Market simülasyon).....	58
Resim 4.19. 2030 yılı Ocak ayı bölgesel ısıtma sonuçları(Düşük kapasite).....	60
Resim 4.20. 2050 yılı Ocak ayı bölgesel ısıtma sonuçları (Düşük kapasite).....	61
Resim 4.21. 2030 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları(Düşük kapasite).....	61
Resim 4.22. 2050 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları (Düşük kapasite).....	62

Resim	Sayfa
Resim 4.23. 2030 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları (Düşük kapasite).....	63
Resim 4.24. 2050 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları (Düşük kapasite).....	63
Resim 4.25. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları(Düşük kapasite).....	64
Resim 4.26. 2050 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (Düşük kapasite).....	65
Resim 4.27. 2030 yılı Ocak ayı bölgesel ısıtma sonuçları(Yüksek kapasite).....	66
Resim 4.28. 2050 yılı Ocak ayı bölgesel ısıtma sonuçları (Yüksek kapasite).....	66
Resim 4.29. 2030 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları(Yüksek kapasite).....	67
Resim 4.30. 2050 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları (Yüksek kapasite).....	68
Resim 4.31. 2030 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları (Yüksek kapasite).....	68
Resim 4.32. 2050 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları (Yüksek kapasite).....	69
Resim 4.33. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları(Yüksek kapasite).....	69
Resim 4.34. 2050 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (Yüksek kapasite).....	70
Resim 4.35. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (%20 Hidrojen karışımı).....	74
Resim 4.36. 2050 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (%20 Hidrojen karışımı).....	74
Resim 4.37. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (%5 Hidrojen karışımı).....	75
Resim 4.38. 2050 elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (%5 Hidrojen karışımı).....	76
Resim 4.39. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (%10 Hidrojen karışımı).....	76
Resim 4.40. 2050 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (%10 Hidrojen karışımı).....	77
Resim 4.41. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (%20 Hidrojen karışımı).....	78

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 3.1. Türkiye petrol ve doğalgaz boru hatları	27



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

GWh

gigawattsaat

kW

kilowatt

MW

megawatt

TW

terawatt

Kısaltmalar

Açıklamalar

BEPA

Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası

BES

Biyokütle Enerji Santrali

CO₂

Karbondioksit

EPDK

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu

ETKB

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

EV

Elektrikli Araç

GEPA

Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası

HES

Hidroelektrik Enerji Santrali

JES

Jeotermal Enerji Santrali

KIGS

Kombine Isıl Güç Santrali

MGIS

Merkezi Güneş Isıtma Santrali

NGS

Nükleer Güç Santrali

ORC

Organik Rankine Çevrimi

ÖTV

Özel Tüketim Vergisi

PP

Güç Santrali

PV

Fotovoltaik

PVT

Fotovoltaik Termal

REPA

Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası

RES

Renewable Energy Systems

Kısaltmalar**Açıklamalar****RES**

Rüzgâr Enerji Santrali

V2G

Araçtan Şebekeye

YE

Yenilenebilir Enerji

YEK

Yenilenebilir Enerji Kaynağı



1. GİRİŞ

Enerji, ateşin bulunmasıyla tüm insanoğlu için vazgeçilmez bir temel ihtiyaç haline gelmiştir. Özellikle sanayi devrimi ile birlikte bu ihtiyaç enerji politikaları ile insanoğlunun hayatlarına yön vermektedir. Fosil kaynaklar, son yüzyılda enerji piyasalarına hükmetse de özellikle son kırk yılda yenilenebilir enerji kaynaklarındaki gelişmeler ve fosil yakıt bazlı sera gazı emisyonları nedeni ile artan küresel ısınma endişeleri enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesine neden olmuştur. Enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi gerekliliği ve hatta zorunluluğu enerji politikaları anlamında oldukça önemli bir yere sahip olmuştur. Devletlerin enerji politikaları, yatırımları ve çeşitlendirme opsiyonları enerji piyasalarının düzenlenmesine yön vermektedir. Sürdürülebilir bir gelecek için enerji çalışmaları ve enerjinin yerli kaynaklarla karşılanabilmesi ihtiyacı artık ülkemiz açısından bir zorunluluk haline gelmiştir. Enerji talebinde büyük oranda farklı ülkelere bağlı olan ülkemizde yerli enerji kaynaklarının kullanılması ve değerlendirilmesi böylece enerji maliyetlerindeki azalma ana hedef olarak planlanmalıdır. Jeopolitik konumu gereği Ortadoğu ve Asya'daki enerji kaynaklarının Avrupa'ya geçiş güzergahı olan ülkemiz enerji kaynaklarını çeşitlendirecek bazı önlem almaya başlamıştır. Bu tezin yazım sürecinde (2020 yılı) karşılaştığımız, Karadeniz ve Akdeniz'deki petrol ve doğalgaz arama faaliyetleri ve ülkeler arasındaki ikili anlaşmalar enerjinin ne kadar önemli bir dış politika konusu olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, iç politika konusunda da 2009 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu ve ilgili yönetmelikleri enerjinin verimli kullanılması konularındaki faaliyetleri içermektedir. Özellikle sektörel enerji verimliliği uygulamaları ile enerji yoğunluğunun azaltılması ve enerjide dışa bağımlılığın en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Ancak, bu konudaki çalışmalar yetersiz kalmış olmakla birlikte kamuda performans sözleşmeleri ve destek mekanizmalarının önünün açılacak olması umut veren çalışmalar olmuştur. Buna karşın, pandemi süreci ile birlikte içinden geçmekte olduğumuz ekonomik darboğaz enerjinin ve enerji verimliliği çalışmalarının ötelenmesine neden olabilir. Yerli kaynakların kullanılmakta olduğu kömürlü santraller yakın bir tarihte büyük oranda özelleştirilmiştir ve baca gazı filtrasyonu ile ilgili nedenlerle çalışmaları bir süre askıya alınmıştır. Aynı dönemde artan yenilenebilir enerji yatırımları da dikkat çekmektedir. Özellikle lisanssız üretim ile çatı üstü güneş enerjisi uygulamaları, rüzgar enerjisi kurulu gücündeki artış, hidroelektrik yatırımları ve jeotermal enerji ön plana çıkan uygulamalar olmuştur. Buna karşın, doğalgaz yakıtlı termik ya da kombine santraller artan doğal gaz

fiyatlarından oldukça etkilenmiştir ve birçoğu bu süreçte kapanmıştır. Yenilenebilir enerjideki bu artış dikkate değerdir. Ancak, yatırımların yerli olmaması ve yüksek döviz fiyatları ile alım garantisi dikkatle irdelenmesi gereken konuların başında gelmektedir. Her ne kadar, 2020 yılından geçerli olmak üzere alım garantisindeki döviz fiyatları Türk lirasında çevrilmiş olsa da yapılmış olan bu uzun süreli anlaşmalar dikkatle izlenmelidir. Bu kapsamda belki de en önemli hususlardan birisi de yapılmış olan yatırımların know-how'ının ülkemizde olmamasıdır. Özellikle fotovoltaiik teknolojisinde ihaleye girme şartlarından birisi olan yerli üretim çok dar bir kapsamda olup firmalar yalnızca kritik olmayan montaj elemanlarının ülkemizde üretilmesi yoluna gitmektedir. Bu da bu teknoloji transferinin ülkemize girememesi anlamına gelmektedir. Çatı üstü GES uygulamaları ve şebekeyle akıllı sayaçlar üzerinden bağlantının yapılması yönündeki eksikliklerin hızla tamamlanması gerekmektedir. Projelendirme ve devreye alma sırasında hızlı hareket edebilme yönünde kolaylıkların getirilmesi bu yatırımları hane başına yapabilme adına oldukça değerlidir. Enerji gibi dinamik bir konuda bu kadar yüksek atalet ile ilerleme fayda yerine zarar getirmektedir. Termik santrallerde kapasite kullanım oranları santrallerin yaşları da düşünüldüğünde oldukça aşağıdadır. Temel yüklerde çalışmak üzerine tasarlanmış olan bu santrallerde yıpranmışlık ve verimlerdeki azalma da dikkate alındığında yeniden güçlendirme seçenekleri ile hem santrallerin verimleri hem kurulu güçleri artırılabilir. Ek olarak, birim kurulu güç başına CO₂ salımında da bir azalma meydana gelecektir. Bu nedenle termik santrallerde yeniden güçlendirme alternatiflerinin değerlendirilmesi ile termik santralde de bir esneklik sağlanabilir. Yine son yıllardaki bir diğer güncel araştırma konusu olan hibrit santrallerde bu kapsamda değerlendirilebilir. Ülkemiz güneş enerjisi açısından oldukça yüksek bir potansiyele sahip olsa da yalnızca fotovoltaiik sistemler üzerine yatırımların yapılması sorgulanması gereken bir başka konudur. Özellikle odaklamalı güneş enerjisi sistemlere yapılacak yatırımlar ile bu konudaki know-how'ın ülkemizde üretilebilmesinin yolunu açabilecektir. Ayrıca, bu sistemler hibrit santral teknolojileri içinde de değerlendirilerek santral bazında da çeşitlendirme yapılabilirliğinin önü açılacaktır. Atıkların enerjiye kazandırılması da son yıllarda özellikle belediyeler için güncel bir konu haline gelmiştir. Arıtma sistemleri ve arıtma çamurunun yakma ve/veya gazlaştırma ile ekonomiye kazandırılması, araç lastiklerinin enerji ve aktif karbon olarak ekonomiye kazandırılması ve tıbbi atıkların değerlendirilmesi bölge ölçeğinde değerlendirilmesi gereken konulardandır. Maalesef ülkemizde son yıllarda belediyeler anlamında yapılan çalışmalar yalnızca belediye atıklarının (çöp) değerlendirilmesi ile sınırlı kalmıştır. Bu kapsamda ise kurulan sistemlerin

büyük bir kısmı biyolojik süreçlerle metan gazı üretmektedir. Bu kapsamda gazlaştırma teknolojileri ile yatırımların yapılması hayati önem taşımaktadır. Plazma gazlaştırma sistemleri yüksek sıcaklıklara çıkabilmesi ve plazmanın bir katalizör gibi işlev görmesi nedeni ile konvansiyonel sistemlere göre ön plana çıkmaktadır. Atıkların ya da temiz kömür teknolojilerine uyum için yerli kömürlerimizin gazlaştırılması ile elde edilen ürünler arasında hidrojen geleceğin yakıtı olarak dikkat çekmektedir. Özellikle akıllı şehirler konsepti ile hidrojen ve ilgili teknolojiler hızla önem kazanmaya devam etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları ile üretilmesi planlanan elektrik akıllı şehirlerde bir depolama aracına ihtiyaç duyacaktır. Bu kapsamda, elektrolizörlerle hidrojen ve oksijen üretimi ve hidrojenin yakıt pillerinde kullanılması ile elektrik üretimi konularında birçok çalışma mevcuttur. Ancak, burada dikkat edilmesi gereken konu hidrojenin ülke ekonomisine sağlayacağı katkı ve çeşitlendirmedeki önemi olacaktır. Ek olarak, enerjinin depolanması için de özellikle ısı depolama sistemleri ve Carnot bataryaları ön plana çıkmıştır. Bu kapsamda, akıllı şehirlerde üretilecek talep fazlası elektrik ısı pompaları ya da elektrik dirençleri ile depolama ortamında ısı olarak depolanabilmekte ve sonrasında çeşitli elektrik üretim teknolojileri ile talep sırasında tekrar elektriğe dönüştürülebilmektedir. Elektriğin üretilmesinin yanı sıra binalarda alınacak enerji verimliliği önlemleri ile dışa bağımlılık azaltılarak çözümlerin üretilmesi mümkündür. Binaların, toplam enerji tüketiminde yaklaşık %36'lık bir payı olduğu düşünülürse bu kapsamda yapılacak iyileştirme çalışmaları önemli bir tasarruf potansiyeli oluşturacaktır. Ülkemizde son yıllarda binalarda yalıtım uygulaması özellikle yeni binalarda zorunlu hale getirilmiş olsa da bu kapsamdaki birçok aksaklık göze çarpmaktadır. Enerji Kimlik Belgesi ile binaların enerji tüketimlerinin belirlenmesi sağlanabilmektedir. Ancak, bina tipine göre teşvik mekanizması ile bu süreç hızlandırılabilir ve birçok açığı bulunan bu yöntemin yeniden ele alınması bir zorunluluk haline gelmiştir. Her ne kadar yalıtım uygulamaları yeni binalarda yapılmakta olsa bile binalarda yenilenebilir enerji üretimi, alternatif ısıtma-soğutma sistemleri, ısı pompası vb. uygulamalar acilen devreye alınmalıdır. Binaların ısıtılmasında büyük oranda doğalgaz gibi ekserjisi yüksek olan bir yakıt tercih edilmektedir. Bu da hem bu yakıtın ekserjisinden faydalanılamamasını hem de alternatif teknolojilerin uygulanamaması anlamında gelmektedir. Özellikle AB ülkelerinde net sıfır enerjili bina tasarımları uygulamaya geçirilmiştir. Japonya ve AB ülkelerinde akıllı şehirler kapsamında tüm şehrin net sıfır enerjili olarak tasarımların yapılması üzerinde çalışılmaktadır. Kuzey ülkelerinde bazı köylerin düzlemsel tip güneş kollektörleri ile ısıtılması sağlanmaktadır. Bu da 4. nesil yani düşük sıcaklıkta iş akışkanı ile ısıtılabilen

binaların önünü açmakta ve uygulamaya geçirmektedir. Dördüncü nesil bölgesel ısıtma sistemlerinin en büyük avantajı 50-70°C su sıcaklığında çalışmasıdır ki bu sıcaklık birçok farklı yöntemle elde edilebilir. Düzlemsel güneş kolektörleri ki ülkemizde üretimi ve know-how'ı mevcut olan bir teknoloji Danimarka Silkeborg örneğinde olduğu gibi kullanılabilir. Bu uygulamada 21,000 hanenin yıllık ısıtma enerjisinin %20'si düzlemsel güneş kolektörleri ile karşılanmaktadır (yıllık güneşlenme süresi yaklaşık 1620 h). Ülkemizdeki yıllık ortalama güneşlenme süresi dikkate alındığında (ortalama 7 saat/gün ya da 2555 h/yıl) bu değerin oldukça üzerindedir ve 4. nesil bölgesel ısıtma sistemleri ile binalarda enerji tüketimini azaltmak için iyi bir potansiyel sunmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının dışında atık ısının kullanılması da 4. Nesil bölgesel ısıtma sistemlerine entegrasyona imkan vermektedir. Özellikle bilişim teknolojilerindeki gelişmeler veri merkezleri yatırımlarını ön plana çıkarmıştır. Ancak, ülkemizdeki hiçbir veri merkezinde enerji verimliliğini ön plana çıkararak ya da atık ısıdan faydalanan teknolojiler bulunmamaktadır. Stockholm'de 10,000 hanenin yıllık ısıtma ihtiyacı Erikson'a firmasına ait bir veri merkezi ile ısı pompaları üzerinden sağlanmaktadır. Dış ortam sıcaklığından bağımsız olarak sürekli soğutmaya ihtiyacı olan bu bina tipinde atık ısı havadan suya ısı pompası ile değerlendirilerek elde edilen sıcak su binalarda ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Veri merkezlerinde yapılabilecek bir diğer uygulama ise trijenerasyon uygulamasıdır. Trijenerasyon sistemleri ile sürekli eşzamanlı olarak elektrik ve soğutma ihtiyacı olan bu bina tipinde yaklaşık 2 yıl gibi çok kısa geri ödeme süreleri elde edilebilmektedir. Ancak, bu kapsamda tek önyargı kabinetlerin bulunduğu alanda suyun olması endişesidir ki bu gereksiz önyargının uygulamalarla kırılması ülke menfaatleri açısından hayati önem taşımaktadır.

Özellikle yakın bir gelecekte Akkuyu Nükleer Enerji Santrali'nin de devreye girecek olması ülkemiz açısından farklı bir enerji kaynağının da devreye alınması ile çeşitlendirmenin sağlanması anlamında olumlu bir gelişmedir. Ancak, yine dışa bağımlılığın devam edecek olması ve atıkların çözümü konusu üzerinde tartışılması gereken bir konudur. Nükleer enerjinin sağlayacağı faydaların derinlemesine ele alınması ve hidrojen teknolojileri ile bağlantının kurulabilmesi enerji ekonomisi anlamında değerlendirilmelidir. Kuzey ülkelerinin ve özellikle Danimarka'nın %100 yenilenebilir enerji hedefi ile tüm yatırımlarını yapması ve kurduğu sistemlerdeki know-how'ının kendinde olması oldukça önemlidir. Nükleer enerjide bu zamana kadar harcanmış olan ve harcanacak olan kaynaklarımızın %100 yenilenebilir enerji know-how'ına harcanmış

olması daha sürdürülebilir bir gelecek için yerli kaynakların kullanılmasıyla daha etken sonuçlar verebilirdi.

Son zamanlarda hızla önem kazanmakta olan yeşil hidrojen (yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı hidrojen üretimi) teknolojilerinde zamanın gerisinde kalmamak adına hızla Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi gerektiği ortadadır. Bu kapsamda bir ana plan çerçevesinde bölgesel çözümler elde edilmesi gerekliliği de ortadadır. Bu ana plan tüm enerji üretim kaynaklarını ve teknolojilerini içerecek biçimde oluşturulmalıdır ve ülkemizin bu kapsamdaki planlaması ile yatırımlar ve Ar-Ge faaliyetleri desteklenmelidir. Enerji planlamasıyla ilgili olabilecek tüm paydaşlar seçilerek ülkemiz için en uygun çözüm önerileri ele alınmalıdır. Örnek vermek gerekirse, pilot bir köy/bölge projesi ile bu bölgedeki tüm tasarımların tüm paydaşlar ile çözümlenmesi şarttır. Bu bölge sıfırdan tasarlanacak ise mikro iklim etkileri, binaların birbirlerine olan etkileri, alt yapı sorunları, yapı elemanları ve bölgenin ısıtma-soğutma ve elektrik tüketim profilleri, enerji sağlayıcıları, enerjinin dağıtımının yapılması, ölçme sistemleri, yazılım teknolojileri ile sistemlerin kontrol gibi birçok paydaşın çözüm önerileri ele alınabilir ve hayata geçirilebilir. Görüleceği üzere, birçok mühendislik ve mimarlık disiplininin hatta sosyal bilimlerin de birlikte çalışması gereken bu konu özelinde ayırık Ar-Ge faaliyetlerinin yürütülmesi ana plan hedefinde büyük resmi görememeyi ortaya çıkarmaktadır.

Bu tez çalışmasında, bu ana plan hedefi için enerji projeksiyonlarına bağlı olarak bir çözüm önerisi sunulmaya çalışılacaktır. Türkiye'nin 2030 ve 2050 enerji projeksiyonu EnergyPLAN yazılımı kullanılarak analiz edilecektir. Yazılımda ulaşım sektörü de dahil olmak üzere toplam enerji girdi ve çıktıları ele alınacaktır. Yenilenebilir enerji projeksiyonları ve fosil yakıtlı termik santrallerin enerji arzındaki durumları değerlendirilecektir. Ek olarak, bölgesel ısıtma sistemlerinde bir artış olması durumu da ele alınacaktır.

EnergyPLAN, stokastik bir model veya Monte Carlo yöntemlerini kullanan modellerin aksine belirleyici bir model olmakla beraber kullanımı ücretsiz bir yazılımdır. Elektrik, ısıtma, soğutma, taşıma, endüstri ve diğer yakıt tüketimi, tuzsuzlaştırma santralleri talepleri ile stokastik ve aralıklı nitelikteki Yenilenebilir Enerji Sistemleri (RES), merkezi enerji üretimi, kombine ısıl güç santrali (KIGS), atık yakma, sıvı ve gaz yakıt verilerine dayanarak bir hesaplama yapabilir ve gelecekteki veri girişleri için geçerli olan sistem

sonuçlarını sağlar. Toplam yıllık talep ve üretime dayanan bir modelin aksine bir saatlik simülasyon modelidir. Sonuç olarak, bu model, değişken RES, jeotermal, ısı pompası, güneş enerjisi, fosil ve nükleer yakıtların sistem üzerindeki etkisini ve ayrıca büyük hidroelektrik sistemlerine elektrik, gaz, ısı talepleri ve su girişlerindeki haftalık ve mevsimsel farklılıkları analiz edebilir. Her bir istasyonun ve bileşenin tanımlandığı modellerin aksine, sistem toplam olarak ele alınır. Sistemdeki yatırımları optimize eden modellerin aksine, belirli bir sistemin çalışmasını optimize eder.

Türkiye için 2030 ve 2050 projeksiyonları ile enerji çeşitliliği açısından enerji stratejilerinin belirlenmesi ve maliyetlendirilmesi konusunda hesaplamalar yapılacaktır. 2030 ve 2050 projeksiyonları ile yakın ve orta vadeli dönemde ülke enerjisi stratejisinin enerji çeşitliliği açısından değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Tez konusunun motivasyonu ve amacı;

- Yakın ve orta vadeli enerji projeksiyonlarında enerji çeşitliliğinin irdelenmesi,
- Hidrojenin mevcut doğal gaz hatlarına belirli oranda karıştırılmasının enerji tüketimlerine etkilerinin incelenmesi,
- Enerji arzının güvenliğinin sağlanabilmesi için kaynakların dağılımının belirlenmesi,
- Enerji ana planının oluşturulmasında enerji çeşitliliğinin etkilerinin irdelenmesi olarak özetlenebilir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Ülke bazında enerji denkliklerinin oluşturulması adına EnergyPlan yazılımı kullanılacaktır. EnergyPlan, Aalborg Üniversitesi tarafından geliştirilmiş açık kaynak bir yazılımdır. Bu kapsamda, enerji ana planının oluşturulması adına bir çok ülkede kullanılmakta olan bu araç ile yapılmış bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Lund [1], farklı enerji sistemlerinin dalgalanan ve kesintili yenilenebilir enerji kaynaklarını entegre etme yeteneklerini karşılaştırmak için basit ve kapsamlı bir metodoloji ortaya koymuştur. EnergyPLAN ile yapılan çalışmada on beşten fazla kapsamlı enerji sistemi analiz çalışmasının sonuçları sağlamakta, yenilenebilir enerjinin mevcut sisteme büyük ölçekli entegrasyonunu incelenmekte ve dünya çapındaki birçok yenilenebilir enerji sisteminden türetilen somut tasarım örnekleri sunulmaktadır. Yenilenebilir enerjideki büyük teknolojik değişikliklerin hem ulusal hem de uluslararası düzeyde nasıl uygulanabileceğini anlamayı amaçlayan teorik bir çerçeve yaklaşımı sunularak yenilenebilir enerji sistemlerinin uygulanmasını yöneten sosyopolitik gerçekleri de yansıtmaktadır. Özellikle, yenilenebilir enerji stratejilerinin depolama ve altyapı çalışmalarına etkisi irdelenmiştir ve %100 yenilenebilir enerji sistemine geçiş ve bununla ilgili simülasyonlara yer verilmiştir. Danimarka bu konuda hedefini 2050 yılı olarak belirlemiştir ve tüm yatırımlarını bu kapsamda yapmaktadır. 2030 yılı hedefinde 1990 yılındaki sera gazı emisyonlarına göre %70 azaltım yapılması ve yenilenebilir enerjinin toplam tüketimdeki payının %50'den fazla olması hedeflenmiştir. Ek olarak, tüm kömürlü termik santrallerin 2030 yılında devre dışı bırakılması hedeflenmektedir. Bölgesel ısıtmada kullanılacak enerjinin %90'ının fosil dışı kaynaklardan karşılanması beklenmektedir. Ek olarak, 2030 yılına kadar ülkede dizel ya da benzinli araç satışının da sonlandırılması beklenmektedir [https://www.iea.org/countries/denmark]. Danimarka bu hedefleri yakalayabilmek adına enerji ana planını öncelikle dönüşüm ve çeşitlendirme olarak planlamıştır. Özellikle rüzgar enerjisi alanındaki ve bölgesel ısıtma sistemlerinde kullanılan dünyaca bilinen markaları bu konularda birçok Ar-Ge faaliyetini desteklemektedir. Böylece know-how'ı kendi ellerinde olan bölgesel çözümlerle dünyada örnek bir konuma gelmişlerdir.

Belirli yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik tedarik sistemine entegrasyon oranını gösteren bir metodoloji de sunulmuştur (Lund, 2017). Metodoloji, rüzgar, fotovoltaik ve dalga gücünün gelecekteki bir Danimarka referans enerji sistemine büyük ölçekli entegrasyonunda kullanılmaktadır. RES'i elektrik arzına entegre etme olasılığı, fazla elektrik üretimini önleme yeteneği olarak ifade edilir. Elektrik talebinin %0-100'ü arasında bir elektrik üretimi aralığında farklı kaynaklar analiz edilebilir. Fazla üretim, EnergyPLAN bilgisayar modelinde detaylı enerji sistemi analizlerinden bulunur. Analizler, elektrik tedarik sistemini güvence altına almak için belirli yan hizmetlere ihtiyaç duyulduğunu dikkate almıştır. Sonuç, RES'lerin her birinin farklı modellerinin fazla elektrik diyagramları açısından gösterilebilmesi olarak görülmektedir. Bu tür diyagramlar yıldan yıla farklılık göstermez, ancak bir RES'den diğerine farklılık göstermektedir.

Dominković vd. [2], Avrupa'nın toplam nüfusunun %8,9'unu oluşturan yaklaşık 65,5 milyon nüfuslu Güney Doğu Avrupa'daki enerji sistemleri entegrasyonunu incelemişlerdir. Bu bölgedeki ülkeler, farklı coğrafi özelliklere, çeşitli iklimlere ve kişi başına gayrisafi yurtiçi hasılda önemli farklılıklara sahiptir. Bu nedenle, enerji sistemlerinin entegrasyonu zorlu bir görev olarak kabul edilmektedir. Halen büyük ölçüde fosil yakıt tüketiminin hakim olduğu enerji karışımları arasındaki büyük farklar, bu görevi daha da zorlaştırmaktadır. Sıfır karbonlu enerji toplumuna ulaşmak için 2050 yılına kadar gerçekleştirilmesi gereken %100 yenilenebilir enerji sistemine geçiş adımlarını sunulmuştur. Benzer araştırma hedeflerine sahip diğer makaleler ile karşılaştırıldığında bu makalenin yeniliği, ele alınan bölgenin %100 yenilenebilir enerji sisteminde biyokütlenin varsayılan sürdürülebilir kullanımının gösterilmesidir. Burada sürdürülebilir biyokütle kullanımının karbon nötr olarak kabul edilebileceği önemle vurgulanmıştır. Modelin ortaya çıkan biyokütle tüketimi, bölgenin biyokütle potansiyeli ile uyumlu olarak tüm bölge için 725,94 PJ'dür. Sıfır karbonlu enerji sisteminin modellenmesi, akıllı enerji sistemi konsepti ve ana entegrasyon direkleri, yani güçten ısıya ve güçten gazla teknolojileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan enerji üretimi karışımı, çok çeşitli enerji kaynaklarının kullanılması gerektiğini ve hiçbir enerji kaynağının %30'dan fazla paya sahip olmadığını ve bu da arz güvenliğini artırdığını göstermektedir. Rüzgar türbinleri ve fotovoltaikler, %28,9 ve %22,5'lik payla ana teknolojiler olup, bunu hidroelektrik, odaklamalı güneş enerjisi, biyokütle ve jeotermal enerji kaynakları izlemektedir. Biyokütle tüketimini sürdürülebilirlik sınırları içerisinde tutmak için ulaşım sektöründe bir tür sentetik yakıtı ihtiyaç vardır. Bununla birlikte, bölgenin toplam hesaplanan yıllık sosyoekonomik

maliyeti, 2050 yılında baz yıla göre yaklaşık 20 milyar Euro daha düşük olduğu için, %100 yenilenebilir enerji sistemine ulaşmak finansal olarak da faydalı olacağını göstermektedir. Son olarak, enerji verimliliği önlemleri sıfır karbonlu enerji toplumuna geçişte önemli bir rol oynayacaktır. Modelde, birincil enerji arzının baz yıla göre %50,9 daha düşük olacağı gösterilmektedir.

Child ve Breyer [3], tamamen yenilenebilir enerjiye dayalı bir enerji sistemi, varsayımlara dayalı olarak 2050'de Finlandiya için mümkün olup olamayacağını irdelenmiştir. Fotovoltaiklerin yüksek paylarının, enerji sisteminin diğer yönlerinden yararlanılan esneklikle desteklendiğinde aşırı kuzey enlemlerinde uygulanabilir olduğu kabul edilmiş ve bu, yıl boyunca güneş ışınlarındaki yüksek varyasyonların güneş enerjisi uygulamasına engel olmayabileceğini göstermiştir. Güç, ısıtma/soğutma ve ulaşım sektörleri arasındaki etkileşim sayesinde toplam sistem maliyetleri azaldığından, %100 yenilenebilir enerji (YE) sistemi Finlandiya için kutuplara daha yakın bölgelerde oldukça rekabetçi bir maliyet çözümüne karşılık gelmektedir. Bu sektörler, geçmiş verileri ve EnergyPLAN modelleme aracı kullanarak saatlik bir çözüme dahil edilmektedir. Ek olarak, Finlandiya enerji sistemine ilişkin tüm varsayımların tam şeffaflığı ortaya konmaktadır. 2050 yılında, %100 yenilenebilir enerji senaryosu 24,1 milyar €/yıl ile en düşük toplam yıllık maliyete sahiptir. Bunu, yıllık maliyetleri 26,4 milyar €/yıl'a kadar değişen artan nükleer enerji seviyelerini içeren birkaç senaryo takip etmektedir. Senaryolar ayrıca farklı seviyelerde orman temelli biyokütle ile modellenmiştir. Sonuçlar, orman temelli biyokütle yakıt kullanımının azalmasıyla yıllık maliyetlerin önemli ölçüde artmadığını göstermektedir. Aynı zamanda, geleceğe maliyet atamanın doğası gereği belirsiz olduğu da unutulmamalıdır. Geleceğin toplumlarının teknolojilere nasıl risk atadığı veya emisyonlara nasıl değer verdiği, araştırılan senaryoları az ya da çok çekici hale getirebilir. İncelenen %100 yenilenebilir enerji senaryoları, bu tür belirsizliğe daha az maruz kalmıştır.

Ostergard [4], yüksek derecede yenilenebilir enerji entegrasyonuna sahip enerji sistemleri, bir yandan sistemlerin ve yolların optimum tasarımı için enerji senaryoları oluşturmayı ve enerji sistemi analizlerini, diğer yandan da karar verme ve enerji sistemi uygunluğunun karakterizasyonu için kriterler gerektirmektedir. Bu makalede üç aşamalı bir amaç vardır. Birincisi, belirli bir enerji sistemi simülasyon modelinin yani EnergyPLAN uygulamasının, coğrafi düzeydeki uygulamasının yanı sıra, model üzerinde gerçekleştirilen simülasyon ve senaryo analizlerinin türlerini analiz ederek incelemektir. İkinci olarak, söz konusu enerji

sistemleri simülasyonlarında uygulanan performans göstergesi türleri gözden geçirilmekte ve üçüncü olarak, mevcut gelişmiş enerji sistemi performans göstergelerini ve önerilen ek göstergeleri gözden geçirilmektedir.

Fernandes ve Ferreira [5], Portekiz'in, yıllar içinde, özellikle enerji sektörü açısından ithal fosil yakıtlara yüksek bir bağımlılık gösterdiği ve bu durumun, elektrik üretim sektörüne özel bir vurgu ile "rekabetçi, sürdürülebilir ve güvenli bir yenilenebilir enerji sistemi" yaratmayı amaçlayan bir Avrupa stratejisiyle çerçevelenen yenilenebilir enerji projelerinin artan gelişimine yol açtığı irdelenmiştir. Bu elektrik sektörü ile ilgili olarak, acil arz ve talebi dengeleme ihtiyacının yanı sıra çevresel konularla ilgili artan endişe, ekonomik ve ekonomik açıdan daha verimli stratejiler arayan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik önemli bir yatırıma yol açmıştır. Bu nedenle, diğer ülkelere odaklanan farklı çalışmaları takiben, bu makale, EnergyPLAN modelinin uygulanmasıyla desteklenen, Portekiz'deki %100 yenilenebilir elektrik sistemine bir yaklaşım sunmaktadır. Değişken çıktıları yenilenebilir enerji kaynaklarına büyük ölçüde bağımlı bir sistem için istikrar önlemi olarak ara bağlantının önemi kanıtlanmıştır. Sonuçlar ayrıca, her bir senaryonun maliyet yapısının esas olarak yenilenebilir teknolojilerin düşük marjinal maliyetinin yanı sıra yüksek yatırım maliyetlerinden kaynaklandığını da ortaya koymaktadır.

Ćosić vd. [6], Makedonya'da enerji sektörünün karşılaştığı en önemli sorunları, yüksek linyit yaygınlığı, enerji ithalatına güçlü bir bağımlılık, enerji sisteminin kötü durumu ve enerji üretiminde ve kullanımında verimsizlikle birlikte olumsuz bir enerji karışımının olması olarak belirtmiştir. Bu çalışmada, EnergyPLAN modeli kullanılarak Makedonya'da %100 yenilenebilir enerji sisteminin gerçekleştirilmesi olasılıkları ele alınmıştır. 2030 ve 2050 yılları için tasarlanan iki yenilenebilir senaryo için analiz yapılmıştır. İlk senaryo olan %50 yenilenebilir enerji sistemi 2030 yılı için oluşturulup Makedonya'nın %100 yenilenebilir enerji geleceğine doğru ilk adımı temsil etmektedir. İkinci senaryo, 2050 yılında yalnızca yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olarak %100 yenilenebilir enerji sistemi için tasarlanmıştır. Bu sistemlerin tasarımına, aralıklı yenilenebilir enerji sistemleri ve depolama teknolojilerine özel önem verilmiştir. Analiz, şu anda %50 yenilenebilir enerji sisteminin %100 yenilenebilir enerji sisteminden çok daha olası görüldüğünü, ancak tüketimin azalmasına yol açacak ek enerji verimliliği önlemleri ve yeni üretim kapasitelerinin kurulması ile bu hedefin kolaylıkla gerçekleştirilebileceğini ortaya

koymaktadır.

Porubova ve Bazbauers [7], gelecekte fosil enerji kaynaklarının fiyatlarının önemli ölçüde artmasının beklendiğini, bu nedenle fosil enerji kaynaklarının uzun vadede Letonya için uygun bir enerji kaynağı olmayabileceği ortaya konmuştur. Tamamen kendi kendine yeten bir enerji tedarik sisteminin kurulması, mevcut enerji tedariki ve ulaşım altyapısında önemli bir dönüşüm gerektirecektir. Böyle bir sistemin erken planlanması, tamamen kendi kendine yeterli bir enerji tedarik sistemi hedefine ulaşmak için mevcut enerji sisteminin gelişimini şekillendirmeyi mümkün kılmaktadır. Çalışmada, 2050 yılına kadar yalnızca yerel birincil kaynaklara dayalı bir enerji ve ulaşım sistemi kurmak için olası bir çözüm gösterilmektedir.

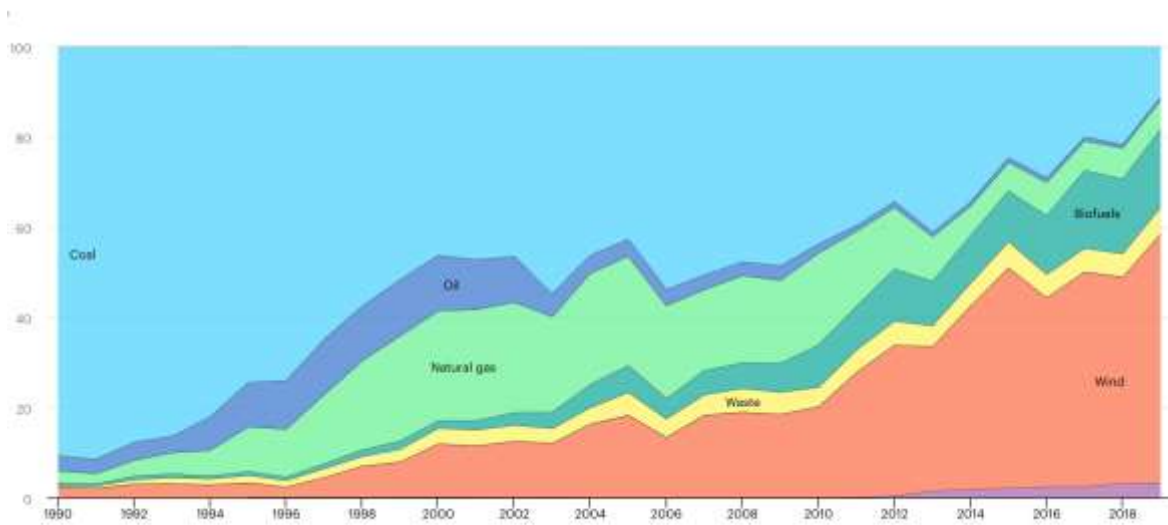
Connolly vd. [8], 2007'de İrlanda, gereken tüm enerjiyi sağlamak için yeterli yenilenebilir kaynaklar olmasına rağmen, toplam enerji talebinin %96'sının fosil yakıtlarla (%7 yerli ve %89'u ithal) ve %3'ünün yenilenebilir enerji ile karşılandığı belirtilmiştir. Enerji fiyatlarının artması ve küresel ısınmanın etkilerinin artmasıyla İrlanda'nın yenilenebilir kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanmaya başlamasının önemi vurgulanmıştır. Bu nedenle, bu çalışmayla İrlanda için %100 yenilenebilir enerji sistemine doğru ilk adım konuları ele alınmıştır. Kullanılan enerji sistemi analiz aracı EnergyPLAN'dır. Enerji sisteminin büyük penetrasyonları entegre edilirken dikkate alınması gereken enerji sisteminin tüm sektörleri elektrik, ısı ve ulaşım sektörleridir. Başlangıçta, İrlanda mevcut enerji sisteminin bir referans modeli oluşturulmuş ve ardından her biri farklı bir kaynağa odaklanan üç farklı %100 yenilenebilir enerji sistemi oluşturulmuştur. Bunlar, biyokütle, hidrojen ve elektrik enerjisidir. Bu enerji sistemleri, her birinin faydalarının kombinasyon adı verilen "optimum" bir senaryo oluşturmak için kullanılabilmesi için karşılaştırılmıştır. Sonuçlar İrlanda için potansiyel bir %100 yenilenebilir enerji sistemini gösterse de, çok sayıda varsayıma dayalı olarak elde edilmiştir. Bu nedenle, İrlanda'nın yenilenebilir enerjiye geçişi için ciddi bir yol haritası tanımlanmadan önce bunların gelecekte iyileştirilmesi gerekeceği belirtilmiştir.

Lund ve Münster [9], büyük ölçekli rüzgar enerjisinin Danimarka elektrik sistemine entegrasyonunu analiz etmek için EnergyPLAN'ı enerji sistemi analiz modeli olarak kullanmışlardır. EnergyPLAN modelinin temel amacı, farklı ulusal enerji yatırımlarının sonuçlarını analiz ederek uygun ulusal enerji planlama stratejileri tasarlamaktır. Model, farklı düzenleme stratejilerinin ve farklı piyasa ekonomik optimizasyon stratejilerinin

analizi vurgulanmaktadır.

2003 yılında rüzgar enerjisi kaynağı Danimarka elektrik talebinin %15'ini karşılamaktadır ve yaklaşık %50'si kombine ısıl güç santralinde (KIGS) üretilmektedir. Model, Danimarka Enerji Ajansı tarafından Danimarka Parlamentosu için yürütülen bir uzman grubunun çalışmasında kullanılmıştır. Arzın %40'ından fazlasının rüzgar enerjisinden gelmesinin beklendiği gelecekteki Danimarka enerji arzında KIGS ve rüzgar enerjisinin entegrasyonunu yönetmek için stratejik sonuçların değerlendirildiği görülmektedir.

Lund ve Clark [10], hem KIGS'nin, hem de rüzgar enerjisinin, Danimarka enerji politikasının önemli unsurları olduğu belirtmiştir. 2002 yılında Danimarka'nın hem elektrik hem de ısı talebinin yaklaşık %50'si KIGS'lerde üretilmekte ve elektrik talebinin %15'inden fazlası rüzgar türbinleri tarafından üretilmektedir. Her iki teknoloji de Danimarka iklim değişikliğine müdahale hedeflerinin uygulanması için çok önemli olduğu ve her iki teknolojinin de önümüzdeki on yılda daha da genişlemesi amaçlandığı belirtilmiştir ve öyle de olmuştur. Şekil 2.1.'de gösterildiği üzere fosil kaynaklı yakıtların kullanımı son yirmi yıl içinde önemli miktarda azalmıştır. Bununla birlikte biyoyakıtlar ve atık ile çeşitlilik sağlanmıştır. Ek olarak, yerli kaynaklar kullanılarak fosil kaynaklara bağımlılık azaltılmıştır. Rüzgarın önemi zaten daha önce de açıklanmıştı. Bu nedenle know-how'ın gücü ve karasal/offshore uygulamaları ile Danimarka'da yerli olmayan kaynak yüzdesi %20'lere kadar azaltılabiliştir. Bu da 2030 ve 2050 hedeflerinin tutturulması adına Danimarka için umutları yeşertmektedir.



Şekil 2.1.1990-2019 Danimarka elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılım grafiği [10]

Rüzgar türbinlerinin rüzgara, KIGS'lerin ısı talebine bağlı olma sorununu çözmek için iki farklı ulusal strateji tartışılmakta ve analiz edilmektedir. İhracat stratejisi olarak bilinen mevcut resmi hükümet politikası olan bir strateji, elektrik satmak ve satın almak için İskandinav ve Avrupa pazarlarından yararlanmayı önermektedir. Bu durumda, rüzgar enerjisi ve KIGS'den elde edilen fazla elektrik, basitçe komşu ülkelere satılacak; diğer bir strateji olan kendi kendine tedarik stratejisi, hem talebi hem de rüzgar çizelgesindeki dalgalanmaları karşılamak için KIGS birimlerini çalıştıracaktır. Bu durumda ısı depolarına yatırım yapılması gerekecektir ve KIGS ünitelerine ısı pompalarının eklenmesi gerekecektir. İki farklı strateji arasındaki bu sonuçlara dayanarak, kendi kendine tedarik stratejisinin resmi ihracat stratejisine göre daha iyi olduğu görülmüştür.

Lund ve Kempton [11], CO₂ salımının önemli ölçüde azaltılması için büyük ölçekli sürdürülebilir enerji sistemleri gerekliliği vurgulanmıştır. Büyük ölçekli uygulama iki büyük soruna sahiptir. Birincisi, ulaştırma sektöründe petrolün yerini almak, ikincisi günümüzün pahalı olmayan ve bol yenilenebilir enerji kaynakları dalgalanan çıktılara sahip olduğundan, bunlardan elde edilen elektriğin oranını artırmak için, talep ve arz arasında bir denge kurulması gerekmektedir. Plug-in elektrikli araçlar (EV'ler), hafif araç filosu için benzini azaltabilir veya ortadan kaldırabilir. EV'lere "araçtan şebekeye" (V2G) teknolojisinin eklenmesi, üretim zamanı ile yük zamanını eşleştirerek depolama sağlayabileceği belirtilmiştir. Çalışmada iki ulusal enerji sistemi modellenmiştir. EnergyPLAN modeli, elektrik, ulaşım ve ısı için enerjiyi entegre eder, insan ihtiyaçlarında ve çevredeki saatlik dalgalanmaları içermektedir. %0 ile %100 arasında değişen rüzgar penetrasyon seviyeleri altında dört tip araç filosu modellenmiştir. EV'lerin, şarj süresi ve süresinde önemli esneklik sağlayan yüksek güçlü (10 kW) bağlantılara sahip olduğu varsayılmıştır. Ulusal enerji sistemlerine EV'lerin ve V2G'nin eklenmesinin, fazla elektrik üretimi olmadan çok daha yüksek seviyelerde rüzgar elektriğinin entegrasyonuna izin verdiğini, ayrıca ulusal CO₂ emisyonlarını büyük ölçüde azalttığı sonucuna varılmaktadır.

Lund [12], rüzgar enerjisi, fotovoltaik (PV) ve dalga gücünün bir Danimarka referans enerji sistemine büyük ölçekli entegrasyonunun analizlerinin sonuçları irdemiştir. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını (YEK) elektrik arzına entegre etme olasılığı, aşırı elektrik üretimini önleme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Elektrik talebinin %0-100'ü arasında bir elektrik üretimi aralığında farklı kaynaklar analiz edilir. Fazla üretim, EnergyPLAN bilgisayar modelinde ayrıntılı enerji sistemi analizlerinden bulunmaktadır.

Analizlerde, elektrik tedarik sistemini güvence altına almak için belirli yan hizmetlere ihtiyaç duyulduğunu dikkate alınmıştır. Farklı yenilenebilir kaynakların dalgalanmalarındaki farklı modellerden yararlanmaktadır. Amaç, teknik açıdan optimal karışımları belirlemektir. Optimal karışım, kara rüzgar enerjisinin RES'den toplam elektrik üretiminin yaklaşık %50'sini ürettiği zaman olarak belirtilmiştir. PV ve dalga gücü arasındaki karışım, RES'den gelen toplam elektrik üretim miktarına bağlı görünmektedir. Toplam RES girişi talebin %20'sinin altında olduğunda, PV %40'ı ve dalga gücü yalnızca %10'u kapsamalıdır. Toplam girdi talebin %80'inin üzerinde olduğunda, PV %20 ve dalga gücü %30'u kapsamaktadır. Farklı kaynakların kombinasyonu, tek başına, dalgalanan kaynakların büyük ölçekli entegrasyonuna yönelik bir çözüm olmaktan çok uzak olup bu durum, esnek enerji arz ve talep sistemlerine yatırım ve ulaştırma sektörünün entegrasyonu gibi diğer önlemlerle birlikte görülmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Meiere ve Bažbauers çalışmasında [13], bir konveyör tipi sistemin kullanımına dayalı nakliye çözümüne yeni bir yaklaşım geliştirmek ve yeni sistemin çevresel etkisini mevcut olanlarla karşılaştırmaktır. Yeni taşıma sistemi, elektrik sağlayan bir rüzgar santrali, hidrojen deposu ve rüzgar enerjisi üretimini motor yükü ile eşleştirmek için bir yakıt hücresine sahip bir elektrik motoruyla çalıştırılan bir konveyörden oluşmaktadır. Araştırma, fosil yakıt tüketiminin ve mevcut ulaşım sisteminin çevresel etkisinin değerlendirilmesini ve yeni sistemin enerji tüketimi ve ilgili çevresel etkileri ile karşılaştırmayı içermektedir. Konveyör taşıma sisteminin enerji dengesi, aralıklı yenilenebilir enerji teknolojileri, depolama ve taşıma sistemlerinin bir kombinasyonunun analiz edilmesini sağlayan EnergyPLAN bilgisayar programı kullanılarak saatlik bazda modellenmiştir. Sonuçlar, mevcut ulaşım sisteminin çevre üzerinde önerilen etkiye göre daha fazla etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Bonati vd. [14], %100 yenilenebilir akıllı enerji sistemini sürdürülebilir bir şekilde tanımlamaya izin veren yeni bir metodoloji sunmaktadır. EnergyPLAN, tüm enerji sisteminin ve bileşenlerinin ekserjisini hesaba katarak enerji sistemini objektif bir şekilde analiz eden matematiksel bir modelle birleştirilmektedir. EnergyPLAN tarafından birden fazla senaryo elde edildiğinde, ekserji modeli, en yüksek ekserji verimliliği ve en düşük enerji israfı ile karakterize edilen senaryo tanımlanmaktadır. Yeni metodoloji Pompeii şehrine uygulanarak bir vaka çalışması sunulmaktadır. Çalışma sonucunda, en iyi çözümün, 8,10 MWe KIGS tesisine entegre edilmiş 21,0 MWe kapasiteli PV tesisi

sağladığını göstermektedir. Kritik fazla elektrik üretiminin yüksek değeri nedeniyle, 10 MWe ısı pompaları kurulmalı ve son olarak güneş enerjisi santrali kurma gerekliliğine varılmıştır.

Pupo-Roncallo, vd.[15], Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının (RES) daha büyük payları dahil olmak üzere enerji matrisinin çeşitlendirilmesi, Kolombiya enerji stratejisinin sürdürülebilir ve daha güvenli bir enerji sistemine yönelik önemli bir parçası olduğu savunulmaktadır. Tarihsel olarak ülke ana enerji kaynakları olarak hidroelektrik ve fosil yakıtların yoğun kullanımı görülmüştür. Kolombiya'nın büyük bir yenilenebilir enerji potansiyeli olduğundan bunun entegrasyonları için farklı yolların araştırılması gerektiği belirtilmektedir. EnergyPLAN, referans yılı ve gelecekteki alternatifleri simüle etmek için kullanılan modelleme aracıdır. Referans modelden yola çıkarak beş farklı senaryo oluşturulduğu görülmektedir. Çalışma sonuçları, rüzgar, güneş ve biyoenerji paylarındaki artışın, ülkenin hem CO₂ emisyonlarında hem de toplam yakıt tüketiminde yaklaşık %20 azalma sağlayabileceğini göstermektedir.

Dranka ve Ferreira [16], Brezilya elektrik sistemi, tarihsel olarak düşük karbonlu elektrik üretimine izin vermiş olan hidroelektrik enerjisine önemli ölçüde odaklanan yüksek yenilenebilir enerji matrisine dayanan büyük bir ülkedir. Bununla birlikte, talebin artması ve bu yenilenebilir kaynakların mevcudiyeti üzerindeki iklim değişikliği etkileri, uzun vadeli enerji planlaması için önemli zorlukları temsil etmektedir. İlk olarak, EnergyPLAN modelini Brezilya elektrik sektörünün analizi ve özellikle gelecekteki senaryoları incelemek için kullanmaya yönelik ilk girişim sunulmuştur. İkinci olarak, %100 RES sistemine ulaşma olasılığı da ele alınmaktadır. %100 RES senaryosunun teorik olarak mümkün olduğu görülmüştür, ancak esas olarak ilkbahar ve yaz mevsiminde şebekeyi desteklemek için toplam kurulu kapasitede önemli bir artış gerekli olmakta olduğu vurgulanmıştır. Çalışma sonucunda, hidroelektrik ve rüzgar enerjisinin mevsimsel tamamlayıcılığının öneminin altını çizilmekte ve RES'deki artışın ihracat potansiyeli ekleyerek Brezilya'nın dış enerji bağımlılığını nasıl azaltacağını ortaya koymaktadır. Çalışmada, RES senaryoları için yüksek risk faktörlerini tanımlar ve sistemin maliyet, çevresel ve teknik belirsizliklerini ele almak için gelecekteki araştırmalar için birkaç yolun ana hatlarını çizilmektedir.

Wang vd. [17], yenilenebilir enerjinin aralıklı olması, elektrik şebekesi tarafından

barındırılmayı zorlaştırdığından bahsedilmiştir. Enerji depolama teknolojisi, güç dalgalanmasını azaltarak en yüksek talepleri karşılamaya yardımcı olabilmektedir. Bu nedenle, yenilenebilir enerji entegrasyonuna yardımcı olmada rol oynamaktadır. Bu çalışmada, tamamlayıcı ve bağımsız yenilenebilir enerji senaryolarında enerji depolama sistemi yoluyla yenilenebilir enerji penetrasyonunun iyileştirilmesi araştırılmıştır. Örnek olarak, 2016 ve 2040 yıllarında Chongming'in (Çin) iki enerji altyapısı EnergyPLAN tarafından modellenmiştir. EnergyPLAN çıktıları düzenlenerek yenilenebilir enerji entegrasyonu ile kömür tüketiminin azalması ve yenilenebilir senaryolarında enerji depolama teknolojileri ile yenilenebilir enerji kullanım verimliliğinin artırılması araştırılmaktadır. Çalışma sonuçları, Chongming 2016 için yenilenebilir enerji penetrasyonu %100 iken kömür tüketiminin sırasıyla %34,62, %38,46 ve %50 düştüğünü göstermektedir. Yenilenebilir enerjinin kullanım verimliliği, enerji depolama yoluyla sırasıyla %62,94, %55,95 ve %60,14'e kadar iyileştirilebileceği vurgulanmıştır.

Dorotić, vd. [18], adaların enerji sistemlerini ele almıştır. Adaları kendi kendine yeten ve sürdürülebilir kılmak için kullanılacak sınırlı miktarda kaynak nedeniyle enerji planlamasında zorluk teşkil etmektedir. Çalışmada, deniz taşımacılığının da hesaba katıldığı bir talep yanıt teknolojisi olarak araçtan şebekeye konseptiyle birlikte yalnızca aralıklı yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan karbon nötr bir adanın enerji sistemini savunmak için yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Enerji, ısıtma, soğutma ve ulaştırma sektörlerinin entegrasyonu yani söz konusu koşullarda araçtan şebekeye operasyonu, simüle edebilen güncellenmiş Kasım 2017 versiyonu kullanılarak EnergyPLAN aracıyla modellenmiştir. Güç kaynağı kapasiteleri, senaryo analizi kullanılarak değil, EnergyPLAN aracındaki bir dizi simülasyona dayalı bir optimizasyon prosedürü uygulanarak seçilmiştir. En uygun güç kaynağı sistemi konfigürasyonunu seçmek için iki sınır koşulu tanımlanmıştır. İlk olarak, sadece güneş ve rüzgar kapasiteleri kullanılmalıdır. İkinci olarak, toplam elektrik ithalatı ve ihracatı dengelenmelidir, yani ada karbon nötr olmalıdır. Yaklaşımı doğrulamak için, örnek olay incelemesi olarak Hırvatistan'ın Korčula Adası kullanılmıştır. Nihai enerji tüketiminin hesaplandığı baz yıl olarak 2011 seçilmiştir. Son simülasyon yılı, optimum kapasitelerin kurulu olduğu 2030 olarak belirlenmiştir. 40 MW rüzgar ve 6 MW kurulu güneş enerjisi kapasitesine sahip konfigürasyonun en düşük maliyetli çözümü sunduğu, 30 MW kurulu güneş enerjisi kapasitesiyle birlikte 22 MW rüzgarın toplam elektrik ithalat ve ihracatının en düşük miktarını sağladığı gösterilmiştir. Araçtan şebekeye paydaki azalmanın analizi, her iki durumda da toplam ithalat ve ihracatta

artış olduğunu göstermektedir.

Sáfián [19], Macaristan'da, fosil temelli, ithalata oldukça bağımlı enerji sistemine ayrıntılı alternatiflere ihtiyaç olduğu ve %100 yenilenebilir temelli bir senaryo için referans model olarak, Macar enerji sisteminin 2009 enerji modeli hazırlanmıştır. Model EnergyPLAN yazılımında oluşturulmuş ve ulusal enerji sisteminin tüm sektörleri saatlik bazda simüle edilmiştir. Model, sonuçları 2009 yılı için Macaristan ve uluslararası istatistiklerle karşılaştırılarak doğrulanmıştır. 2009 enerji sisteminin nasıl işletilebileceğini görmek için bir analiz için EnergyPLAN'da iki alternatif model doğalgaz ve biyokütle olarak oluşturulmuştur. Mevcut altyapı içerisinde çevresel açıdan optimize edilmiş bir şekilde, "Biyokütle" alternatif modelinde, birincil yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı neredeyse iki katına çıkarak karbondioksit emisyonunda %10'luk bir azalmaya neden olduğu bulunmuştur. Yakıtların dağıtımını farklı bir santral kullanımına göre değiştirerek, 2009 yılında çevre açısından daha uygun yakıt tüketim özellikleri elde edilebileceği aktarılmıştır.

Bjelić ve Rajaković [20], EU 2030 enerji politikasının hedeflerine, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve yapısal tedbirler dahil olmak üzere arz ve talep tarafı teknik önlemlerin optimal karışımını kullanarak maliyet etkin bir şekilde ulaşılması gerektiği irdelenmiştir. Bu hedeflere ulaşılması, EnergyPLAN'ın jenerik optimizasyon programı (GenOpt) ile sembolik bağlanmasına yönelik yenilikçi bir yöntem sunularak modellenmiştir. Bu sembolik bağlantı, karar vektörlerinin manuel ayarlamaları yerine seçilen optimizasyon algoritmasıyla yönlendirilen simülasyon tabanlı optimizasyona olanak tanımaktadır. GenOpt'un optimizasyon döngüsü içerisinde EnergyPLAN simülasyonları elde etmek için, EnergyPLAN'da oluşturulan senaryolar için karar vektörleri seçilmiş ve GenOpt'ta açıklanmıştır. Politika kaynaklı toplam maliyetlerdeki %3'ün altındaki artışın önemli olmadığı gösterilmiştir. Bu genel yöntem daha da geliştirilebilir ve sürdürülebilir ulusal enerji sistemlerinin optimum planlamasında dünya çapında kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Askeland vd. [21], Avrupa yenilenebilir enerjiye doğru ilerlerken, hidroelektrik, dağınık elektrik üretimi yoluyla arz tarafında esneklik sağlayabilen yenilenebilir bir teknoloji olarak öne çıkması incelenmiştir. Hidroelektrik enerjisinin İskandinav hidroelektrik kaynaklarına özel bir esneklik sağlayabileceği görülmüştür. Tüm Avrupa ülkeleri arasında,

Norveç en büyük hidroelektrik kaynaklarına ve depolama kapasitesine sahip ülkedir. Bununla birlikte, Norveç'in ayrıca yüksek miktarda elektrikli ısıtma sektörü vardır, bu da rezervlerin düşük olduğu kış aylarında yüksek elektrik talebi anlamına gelir. Çalışmada, bireysel elektrikli ısıtmadan bölgesel ısıtmaya geçişin, Norveç enerji sisteminin Avrupa'ya sağlayabileceği esnekliği nasıl etkilediğini analiz etmek için EnergyPLAN kullanılmaktadır. Analiz, bir 2015 referans senaryosu ve sırasıyla biyokütle ve ısı pompalarına dayalı bölgesel ısıtmayı tanıtan iki senaryo geliştirmektedir. Çalışma sonucunda, bölgesel ısıtmanın hidroelektrik santrallerindeki maksimum yükü azaltılabileceğini ve böylece potansiyel ihracat için kapasiteyi serbest bırakılabileceğini göstermektedir.

Novosel vd. [22], Ürdün'ün, çevre ve enerji ile ilgili çeşitli sorunlarla karşı karşıya olduğu ve yenilenebilir enerjiye geçişte hangi sonuçlarla karşılaşılacağı modellenmiştir. Ürdün, yılda kişi başına sadece 145 m³ su tüketimi ile dünyanın en çok su kıtlığı çeken dördüncü ülkesidir. Ürdün, ayrıca rüzgar ve güneş potansiyeli açısından zengin bir ülkedir, ancak üretilen elektriğin %99'u ithal fosil yakıtlardan geldiği için neredeyse hiç kullanılmamaktadır ve bu da yüksek CO₂ emisyonlarına ve potansiyel bir arz güvenliği sorununa neden olmaktadır. Ters ozmoz tuzdan arındırmanın tuzlu suyla çalışan pompa depolama üniteleri, rüzgar ve fotovoltaik tesisleriyle birlikte kullanılması her iki sorunu da çözebileceği vurgulanmıştır. Tuzdan arındırma tesisleri, çok ihtiyaç duyulan suyu üretebilir ve tuzlu suyla çalışan pompa depolama birimleri tarafından desteklenen kesintili yenilenebilir enerjilerin girişini artırmak için esnek bir talep görevi görecektir. 2050 yılına kadar Ürdün enerji sisteminin geliştirilmesi için altı senaryo sunulmuştur. Çalışma sonucunda, gösterilen konfigürasyonun elektrik üretiminde kesintili yenilenebilir enerjilerin payını %76'ya kadar artırarak fosil yakıt tüketiminde büyük oranda bir azalma sağlayabileceğini göstermektedir. Bu analizler, EnergyPLAN gelişmiş enerji sistemi analiz aracı kullanılarak yapılmıştır.

Child vd. [23], Åland adaları için tamamen sürdürülebilir bir enerji sistemi, bu çalışmadaki varsayımlara dayalı olarak 2030 yılına kadar mümkün olabileceği gösterilmektedir. Rüzgar ve güneş fotovoltaik gücünün yerli üretimi, genişletilmiş yerel enerji depolama çözümleri, elektrikli ulaşım ve stratejik enerji taşıyıcı ticaretinin çeşitli kombinasyonlarına dayanan gelecekteki enerji sistemi için çeşitli senaryolar oluşturmuştur. EnergyPLAN aracını kullanarak senaryoların saatlik analizi, 2030 yılı için gelecekteki sürdürülebilir bir enerji

sistemini çalıştırmanın yıllık maliyetlerinin, her zaman olduğu gibi işletme için 229 M€/yıl ile karşılaştırıldığında 225 ile 247 M€/yıl arasında değiştiğini göstermektedir. Ancak, bu sonuç büyük ölçüde araç ve akü maliyetlerinin nasıl hesaplandığına bağlıdır. Çok çeşitli karasal ve su mobilite türleri de dahil olmak üzere elektrikli ulaşım sektörünü içeren bir senaryo, enerji sisteminde kullanılan yüksek esneklik seviyeleri ve elektrikli depolamadan dolayı en uygun maliyetli çözümler arasındadır. Sonuç olarak, sürdürülebilir biyoyakıtlar veya elektrik gibi ithal enerji taşıyıcılarına güvenerek Åland'da %100 yenilenebilir enerjiye dayalı yerli enerji üretiminin gerçekleştirilebileceğini göstermektedir. Elektrikli ulaşım sektörünün bir sonucu olarak, Åland enerji ve istihdam sağlayacaktır.

Bahadır [24], uzun dönemli enerji planlaması için elektrik üretim senaryolarının oluşturulması ve analizinde EnergyPlan uygulamasını kullanarak güneş, rüzgar ve hem güneş hem de rüzgar kurulu güç potansiyellerinin dikkate alındığı 3 farklı senaryo oluşturmuştur. Her senaryoda kapasiteler %5 artırılarak uygun çözümlere ulaşım irdelenmiştir. 1. sırada çıkan senaryo 24; rüzgâr enerjisinin %47 ve güneş enerjisinin %41 olarak üretime katkıda bulunduğu senaryodur. Bu bağlamda rüzgar ve güneş enerjisinden fayda sağlanarak ülke ekonomisine katkı sağlanması savunulmuştur.

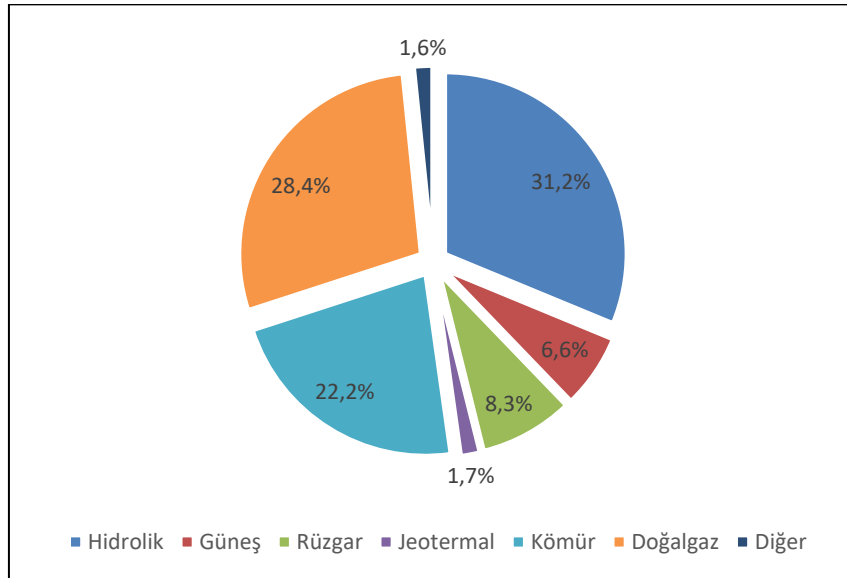
Bu çalışmada, Türkiye için 2030 ve 2050 yıllarında düşük, orta ve yüksek kapasite üretimlerine denk gelecek enerji talepleri ile bunların hangi enerji kaynaklarından hangi miktarlarda karşılanması gerektiği incelenmiştir. Yukarıda belirtilen çalışmalardan farklı olarak %100 yenilenebilir enerji modellemesi yerine farklı oranlarda ön görülen tüm enerji çeşitleri için kapasiteler simüle edilmiştir. Ek olarak, hidrojenin enerji arzındaki konumu ve enerji politikalarındaki önemi irdelenmiştir. Yeşil hidrojenin akıllı şehirler ile gelecek yıllarda önem kazanacağı düşünüldüğünde bu kapsamda enerji arzı sistemlerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Yeşil hidrojen kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilecek talep fazlası elektriğin depolanması konusu da bir diğer önemli araştırma konusudur. Ancak, bu kapsamda elektrolizör ya da farklı üretim teknolojileri ile üretilmiş olan hidrojenin doğalgazla belirli oranda karıştırılması ile kullanımı bu geçiş sürecinde önemli bir etkiye sahip olacaktır. Bu nedenle 2030 ve 2050 yılı projeksiyonlarında hidrojenin de ulaşım ve bina sektörlerindeki tüketimleri de değerlendirilmiştir. Tez kapsamında üçüncü bölümde EnergyPLAN modeli ve 2030-2050 yılları projeksiyonları yapılmıştır. Dördüncü bölümde sonuçlar irdelenmiştir ve son olarak analiz sonuçlarına bağlı olarak değerlendirme ve öneriler sunulmuştur.



3. MODELLEME ve ANALİZLER

3.1. Türkiye'nin Mevcut Enerji Durumu

2019 yıl sonu itibarıyla Türkiye'nin kurulu gücü 91267 MW'a ulaşmıştır. 2019 yıl sonu itibarıyla kurulu gücümüzün kaynaklara göre dağılımı; yüzde 31,2'si hidrolik enerji, yüzde 28,4'ü doğal gaz, yüzde 22,2'si kömür, yüzde 8,3'ü rüzgâr, yüzde 6,6'sı güneş, yüzde 1,7'si jeotermal ve yüzde 1,6'sı ise diğer kaynaklar şeklindedir. 2019 yılında ülkemizde 340.863 metre sondaj yapılarak 153 kuyu açılmıştır. Ham petrol üretimi 2 984 800 ton olarak gerçekleşmiş olup kalan üretilebilir petrol rezervi 51 076 078 tondur[25].



Resim 3.1. 2019 Birincil kaynaklara göre kurulu güç yüzdesi

Türkiye'de 2019 yılında yaklaşık 45,3 milyar m³ doğal gaz tüketilmiş ve toplam 483 milyon m³ üretim yapılmıştır. Kalan üretilebilir rezerv yaklaşık 3,36 milyar m³'tür.

Ülkemizin yenilenebilir enerji potansiyeli içinde en önemli yeri tutan hidrolik kaynaklarımızın teorik hidroelektrik potansiyeli 433 milyar kWh olup teknik olarak değerlendirilebilir potansiyel 216 milyar kWh ve ekonomik hidroelektrik enerji potansiyel ise 160 milyar kWh/yıl'dır. 2018 yılında hidroelektrik kaynaklı 59,9 milyar kWh elektrik üretilmiştir. 2019 yıl sonu itibarıyla hidrolik kaynaklı elektrik üretimi 88886 GWh değerine ulaşmıştır.

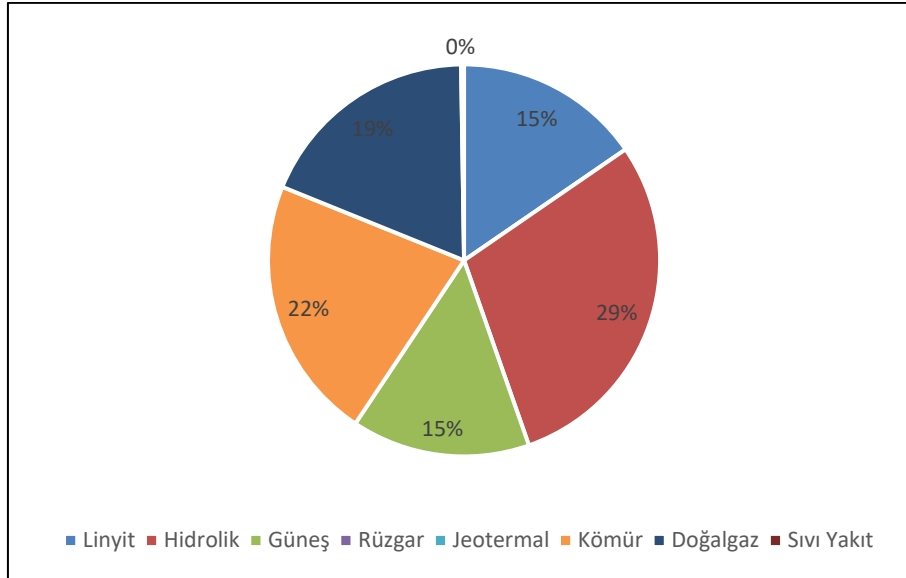
2018 yıl sonu itibarıyla, işletmede bulunan 28291 MW'lık kurulu güce sahip 653 adet HES Türkiye toplam kurulu gücünün %31,9'una karşılık gelmektedir. 2019 sonu itibarıyla hidroelektrik kurulu gücü 28503 MW değerine ulaşmıştır[26].

Çizelge 3.1. 2019 Birincil kaynaklara göre kurulu güç [27]

BİRİNCİL KAYNAK	KURULU GÜÇ	
	MW	PAY(%)
İthal Kömür	8966,9	55,1
Taş Kömürü	810,8	
Asfaltit	405	
Linyit	10101	
Sıvı Yakıt	311,6	
Doğalgaz	25904,3	
Biyokütle+Atık	1163,3	
Termik Toplam	47662,9	44,9
Rüzgar	7591,2	
Güneş	5995,2	
Hidrolik	28503	
Jeotermal	1514,7	
Yenilenebilir Toplam	43604,1	100
TOPLAM	91267	

Çizelge 3.2. 2019 Birincil kaynaklara göre elektrik enerjisi üretimi [27]

BİRİNCİL KAYNAK	ÜRETİM	
	GWh	PAY(%)
Taş Kömürü+Asfaltit+İthal Kömür	66224,1	57,5
Linyit	46893,7	
Sıvı Yakıt	733,9	
Doğalgaz	56702,7	
Biyokütle+Atık	4523,7	
Termik Toplam	175078	42,5
Rüzgar+Jeotermal+Güneş	40287,2	
Hidrolik	88886,2	
Yenilenebilir Toplam	129173	
TOPLAM	304252	100



Resim 3.2. 2019 Birincil kaynaklara göre elektrik enerjisi dağılımı[27]

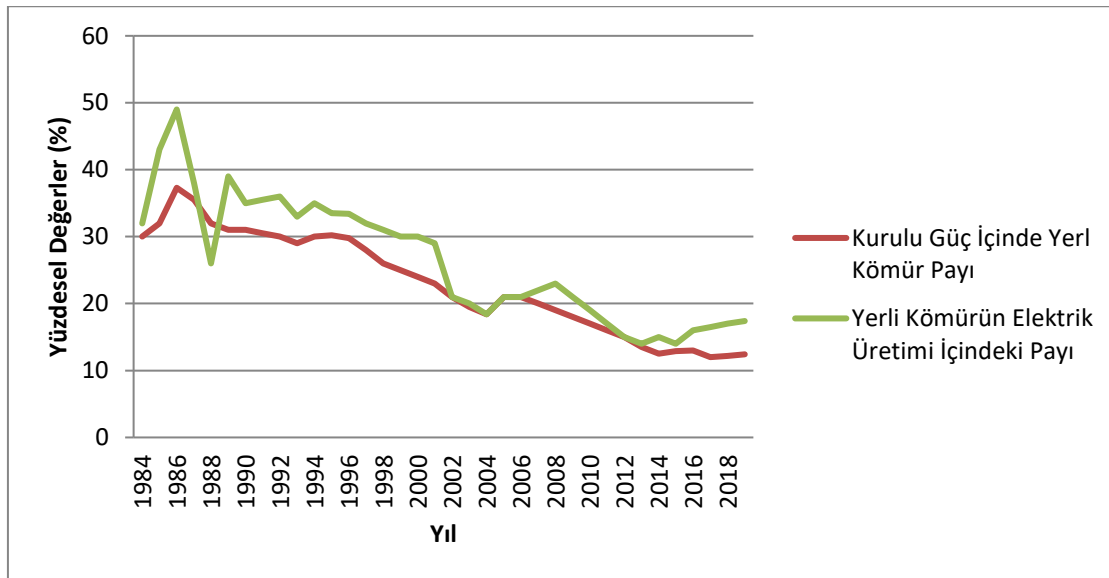
Türkiye halihazırdaki coğrafi konumu sebebiyle güneş enerjisi potansiyelini değerlendirebilmek açısından oldukça verimlidir. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'na (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresinin günlük 7,5 saat baz alındığında 2737 saat, günlük 4,2 kWh/m² ve toplam yıllık gelen güneş enerjisinin 1527 kWh/m² olduğu tespit edilmiştir [28]. 5995,2 MW kapasiteyle güneş enerjisi birincil enerji kaynakları payını %6,6 olarak almıştır.

Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu gücü, birincil enerji kaynakları içerisinde 7591,2 MW ile %8,3'lük bir paya sahiptir. Yapımı devam eden lisanslı ve ön lisanslı santrallerle beraber bu kapasitenin 16000 MW'a ulaşması beklenmektedir. Karasal ve deniz üstü rüzgâr potansiyeli yaklaşık 118000 MW olarak tahmin edilen ülkemizin bu durumda mevcut potansiyelinin kullanımını %6,43'ten %13,55'e çıkaracağı görülmektedir.

Türkiye'nin biyokütle enerjisi kurulu gücü, birincil enerji kaynakları içerisinde 1163 MW ile %1,6'luk diğer grubunda bir paya sahiptir. 2019 yılında biyokütle enerji arzı yaklaşık 3283 GWh olarak gerçekleşmiştir. Bunun 2600 GWh'i Biyogaz, 625 GWh'lik kısmı birincil katı biyoyakıt, 28 GWh Endüstriyel, 15 GWh belediye atıkları ve 15 GWh ise sıvı biyoyakıt olarak ayrılmaktadır [29]. Ülkemizin mevcut durumda kullanım alanları, teknoloji ve atık açısından halihazırdaki biyokütle potansiyelinin %78–90'ını değerlendiremediği görülmektedir.

Türkiye'nin 2018 yılı verilerine göre, 161 Mt CO₂ kömürden, 115 Mt CO₂ petrolden ve 93 Mt CO₂ doğalgazdan kaynaklanan CO₂ emisyonları oluşmaktadır [30]. CO₂ emisyonlarının gayrisafi yurtiçi hasılaya oranına baktığımızda Türkiye 1990 yılındaki 0,45 kg CO₂ / 2015 USD değerinden 2019 yılında 0,38 kg CO₂ / 2015 USD değerine inmiştir.

2019 yılında ülkemizde yerli kömüre dayalı santral kapasitesi 11316,8 MW, ithal kömüre dayalı santral kapasitesi 8966,9 MW olmuştur. Yerli üretim linyit kömüründen elde edilen elektrik 46893,7 GWh olurken ithal kömürlerden elde edilen elektrik 66224,1 GWh olarak gerçekleşmiştir. Brüt elektrik üretimi ve elektrik kurulu gücünde yerli kömürün payı hızlı bir şekilde düşmektedir. Türkiye kurulu gücü içindeki yerli kömür kullanım payı 1986 yılında %37,3, 2004 yılında %18,4, 2005 ve 2006 yıllarında işletmeye alınan Çanakkale Çan ve Afşin-Elbistan B santralleriyle %21 oranında kullanım seviyesine ulaşmıştır. Sonrasında yerli kömür bazında yeni yatırımların devreye girmemesi sebebiyle 2013 yılında yerli kömürün kurulu güç içindeki payı %13,5 ve 2014 yılında ise %12,5 olarak meydana gelmiştir. Yerli kömüre dayalı santrallerin toplam elektrik kurulu güç içerisindeki payı 2015 yılında, Adana ve Bolu'da işletmeye alınan iki yeni termik santral ile birlikte %12,9 seviyesinde gerçekleşmiştir. Yerli kömürle çalışan santrallerin oranı 2019 yıl sonu itibariyle %12,4 olarak meydana gelmiştir.



Şekil 3.1. Kurulu güç ve elektrik üretimi içinde yerli kömür payı [31]

Yerli kömüre dayalı santral toplam kapasitesinin yaklaşık yarısı 1980-1990 yılları arasında tesis edilmiş olup, otoprodüktör olarak kurulan küçük ölçekli bazı santraller dışında bu santrallerin neredeyse tümü 2013 yılına kadar kamu kurumlarının mülkiyetindeydi. 2013 yılından itibaren gerçekleştirilen özelleştirmeler sonucunda; Seyitömer, Kangal, Yatağan, Yeniköy, Kemerköy, Soma, Tunçbilek ve Çatalağzı santralleri özel sektöre devredilmiştir. 2015 yılına kadar, yerli kömüre dayalı olarak işletmeye giren son termik santraller; 2005 ve 2006 yıllarında işletmeye alınan 320 MW kapasiteli Çanakkale Çan ve 1440 MW kapasiteli Afşin-Elbistan B santralleri ile 2009 yılında işletmeye alınan 135 MW kurulu güce sahip Silopi Santrali'dir. 2015 ve sonrasında, birtakım teşebbüslerde bulunulmasına rağmen yerli kömüre dayalı termik santral yatırımları konusunda önemli bir gelişme sağlanamamıştır. 2015 yılında üç önemli yerli kömür santrali işletmeye alınmıştır. Bunlardan birincisi, Adana-Tufanbeyli linyit sahası üzerinde tesis edilen 405 MW gücündeki Tufanbeyli Termik Santrali'dir. İkincisi, 270 MW kapasitesindeki Bolu Göynük Termik Santrali'dir. Türkiye Kömür İşletmeleri kömürlerini yakacak olan bu santral AKSA firması tarafından devreye alınmıştır. Üçüncüsü, Kolin Enerji firması tarafından işletmeye alınan Soma-Kolin Santrali ise 510 MW kurulu güce sahiptir [31].

Hidrojene baktığımızda ise mevcut durumda yüzde 1,6'lık diğer kaynaklar kısmında yer almaktadır. Burada da direkt enerji eldesine katkısı olmamakla beraber sanayide girdi hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Haliç'te kurulan pilot hidrojen dolum tesisi, şebekeden güç alan bir elektrolizörle günde 65 kg'a kadar hidrojen üretilmekte ve 100 kg'a kadar depolanabilmektedir. Hem kara hem de deniz araçlarının hidrojen yakıt ikmali yapılabilmekte ve 3,25 kg'lık bir tank için 390 km menzile sahip 20 araca eş zamanlı yakıt ikmali yapabilmektedir. Bozcaadada kurulan kaymakamlık ve sağlık ocağının elektrik ihtiyacını karşılayacak rüzgâr enerjisinden yararlanılarak elektroliz ile hidrojen üretimi pilot proje olarak yer almaktadır.

Hidrojen yakıtlı araç olarak baktığımızda ise TÜBİTAK önderliğinde yapılan 2 adet araçtan başka ülkemizde hidrojenli araç bulunmamaktadır [32]. Aynı şekilde hidrojenle ilgili bir yasanın olmaması mevcut durumda bu teknolojinin geliştirilmesi konusunun önünde bir engel olarak durmaktadır.

3.2. Türkiye'nin Enerji Politikası

Türkiye enerji politikasında bölgesel enerji koridoru ve dağıtım merkezi olmak ve bunun avantajlarından yararlanmak konusunda şekillendirmektedir. Özellikle Rusya ile hayata geçirilen Mavi Akım ve Türk Akım projeleri, Azerbaycan-Gürcistan üzerinden gelerek Ceyhan terminalinden batı ülkelerine akışın sağlandığı Bakü-Tiflis-Ceyhan boru hattı, Irak Kerkük'ten Yumurtalık'a uzanan boru hatlarıyla bunu sağlama yolunda önemli bir mesafe kaydetmiştir. Hayata geçirilmesi planlanan TANAP ve NABUCCO projeleri de Azerbaycan ve Orta Asya Türk Cumhuriyetlerinden gelecek gazın Avrupa'ya ihracı konusunda geliştirilmiştir. NABUCCO projesi Türk Akımı ve Güney Akım projesinden dolayı sektöre uğramış gözükse de Türkiye'nin Rusya bağımlılığına karşı durup kaynaklarını çeşitlendirme noktasında hayati önemli projelerden biri olmakta belki de yapım zamanı bu vesileyle ötelemiş durumdadır. Bir diğer husus TANAP projesinin Bulgaristan üzerinden Avrupa'ya bağlanma durumundan dolayı bu projelerin birleştirilmesi olacaktır. Harita 3.1'de Türkiye'nin doğalgaz ve petrol boru hatları haritası verilmiştir. Mevcut gerçekleşen projeler ve gerçekleşmesi hedeflenen yukarıda bahsettiğim projelerle Türkiye enerji koridoru ve dağıtıcısı olma hedefine doğru ilerlediğini göstermektedir.

İçinde bulunduğumuz günlerde Doğu Akdeniz'de bulunan gaz keşifleri ve bölge ülkelerinin bu kaynaklardan pay alabilmek adına birbiriyle sıcak çatışmaya girecek kadar yakın olması ve yine küresel güçlerin bu bölgeyi kontrol altına alıp kaynakları aktarma çabası enerji denkleminde ülkemizin yine çok yönlü ama bu kez kararlı duruş sergilemesi gerekliliğini bir kez daha ortaya koymuştur. ABD ve Rusya gibi ülkelerle stratejik hedefler doğrultusunda iş birlikleri yapılırken bir yandan da bu ülkelerin ülkemiz üzerindeki etkisine karşı mücadele verilmektedir. Türkiye'nin Libya ile yaptığı anlaşma ile hem denizlerdeki varlığı hem de enerji kaynaklarının transferinde kendisinin bypass edilmesinin önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Karadeniz'de bulunan mevcut durumda 320 milyar metreküple 6 yıllık doğalgaz tüketimimize karşılık gelen rezerv arama faaliyetlerine Mavi Vatan'da daha umutla ve kararlılıkla yaklaşılmasına neden olmuştur.

Türkiye enerji üretiminde de ihtiyaç duyduğu enerjiyi karşılayabilmek ve çeşitlendirebilmek adına nükleer enerji tesis yapımlarına başlamıştır. İlk üniteler Mersin Akkuyu'da devreye alınacaktır. 2020 yılında devreye alınması planlanan ilk ünite inşaatı

devam etmektedir. 2023 yılında 4 güç ünitesinin de devreye alınması planlanmaktadır. Bir sonraki nükleer enerji santrali yapımında toryum ile çalışacak yöntem geliştirilmelidir. Fakat maalesef bununla alakalı kayda değer çalışmalar yapılmamaktadır.

Türkiye’de güneş ve rüzgar enerjisi alanında da önemli atılımlar gerçekleştirilmiş olup bu iki yenilenebilir enerjinin payı her geçen yıl artmaktadır. Bunun önemli nedenlerinden birisi özel sektörün işin içine dahil edilmesi ve bu sayede rekabetin oluşturulmasıyla piyasa gelişiminin artmasıdır. Halihazırda tam ülke potansiyelini kullanamamakla beraber ilerleyen yıllarda bu enerjilerin payı artacaktır. Fotovoltaik sistemlerin şebekeden bağımsız olarak kullanıldığı tipik uygulama alanlarına baktığımızda; Haberleşme istasyonları, kırsal radyo, telsiz ve telefon sistemleri, petrol boru hatlarının katodik koruması, metal yapıların korozyondan koruması, elektrik ve su dağıtım sistemlerinde yapılan telemetrik ölçümler, hava gözlem istasyonları, bina içi ya da dışı aydınlatma, dağ evleri ya da yerleşim yerlerinden uzaktaki evlerde televizyon, radyo, buzdolabı gibi elektrikli aygıtların çalıştırılması, tarımsal sulama ya da ev kullanımı amacıyla su pompajı, orman gözetleme kuleleri, deniz fenerleri, ilkyardım, alarm ve güvenlik sistemleri, deprem ve hava gözlem istasyonları ve ilaç ve aşı soğutmadır. Özellikle kurulan fotovoltaik güneş paneli firması sayesinde müstakil ev ve karavan tipi araçlarda hızla yaygınlaşacak güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi kullanımı artacaktır.



Harita 3.1. Türkiye petrol ve doğalgaz boru hatları [33]

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı(ETKB)'nın, 2019-2023 dönemine yönelik düzenlenen ve gecikmeli olarak Mayıs 2020'de yayımlanan strateji planında, Türkiye enerji sektörü için yedi ana amaç içinde, otuz bir adet gerçekleştirilecek hedef yer almaktadır. Sürdürülebilir Enerji Arz Güvenliğini Sağlamak başlığı altında;

- Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güce oranının %59'dan %65 seviyesine yükseltilmesi,
- Nükleer enerji, arz kaynakları arasına dâhil edilecek ve enerji arzındaki payının artırılmasına yönelik çalışmaların sürdürülmesi,
- Doğal gaz ve elektrik altyapısının güçlendirilmesi,
- Petrol ve doğal gaz arama ve üretim faaliyetlerinin başta denizlerde olmak üzere hızlandırılarak sürdürülmesi,
- Elektrik sektöründe teknolojik dönüşüm uygulamaları yapılması hedefleri belirlenmiştir. Strateji Planı'nda yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesiyle alakalı aşağıda sıralanmış 2023 hedefleri yer almaktadır:

- HES'lerin kurulu gücünün 32037 MW'a
- RES'lerin kurulu gücünün 11883 MW'a
- JES ve BES'lerin kurulu gücünün 2884 MW'a
- GES'lerin kurulu gücünün 10000 MW'a
- Yerli kömürle çalışan santrallerin kurulu gücünün 14664 MW'a çıkartılması

Buna ek olarak;

- Akkuyu NGS'nin ilk ünitesinin 2023 yılında deneme üretimine başlaması
- Akkuyu NGS Projesi'ne ilaveten en az bir NGS Projesi için daha anlaşma imzalanması ve yer lisansı alınması,
- Stratejik Plan dönemi öncesinde 510 olan doğal gaz arzı sağlanan yerleşim yeri sayısının %15 artırılarak 585'e yükseltilmesi,
- Kömür kaynaklı elektrik üretim değer zincirinde kullanılacak yerli kömür kalitesini artırmaya yönelik ticarileşme potansiyeli olan Ar-Ge proje sayısının 2'den 10'a yükseltilmesi,
- Elektrik iletim hatları ve trafo merkezlerindeki arıza endekslerinin bir önceki yıla göre %10 azaltılması,
- 2023 yılında Milli SCADA Sistemi'nin elektrik iletim sisteminde işletmeye alınmasında belirtilen %60 oranına ulaşılması,

- Birincil enerji talep projeksiyonu ile arz planlamalarının hazırlanarak yıllık periyotlarla güncellenmesi hedefinin %60 seviyesine 2023 yılına kadar ulaşılması yer almaktadır.

Türkiye'nin toplam kurulu gücü her geçen yıl nüfusa, artan ihtiyaçlara, ekonomik ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak artmaktadır. Türkiye'nin toplam kurulu gücü 2019 yıl sonu verilerine göre, bir önceki yıla oranla % 3,07 artışla 91267,0 MW'a ulaşmıştır. Kurulu güç içerisinde GES'lerin payı ise bir önceki yıla göre % 18,41 artışla 5995,2 MW'a ulaşmıştır.

2018 yılında 9 adet lisanslı GES varken, 2019 yılında 17'ye; yine 2018 yılında 5859 adet lisanssız GES varken 2019 yılında bu sayı 6884'ye yükselmiştir. Lisanssız santraller daha önceki yıllarda olduğu gibi hızlı bir şekilde artmıştır. Lisanssız güneş santrallerinin kurulu gücü 2018 yıl sonu itibarıyla Türkiye toplam kurulu gücünün %5,6'sı olan 4981,2 MW iken 2019 yıl sonunda Türkiye toplam kurulu gücünün %6,3'ü olan 5825,5 MW olmuştur. Lisanslı güneş santrallerinin toplam kurulu gücü 2018 yıl sonunda Türkiye toplam kurulu gücünün %0,1'i olan 81,7 MW iken 2019 yılında Türkiye toplam kurulu gücünün %0,2'si olan 169,7 MW'a çıkmıştır. Lisanslı güneş santrallerinin toplam kurulu güç içindeki payı her geçen gün artmasına karşın, güneş santrallerinin toplam kurulu güçleri sadece %2,8'dir.

2018 ve 2019 yıllarında büyük ölçekli lisanssız güneş santrallerindeki kapasite artış hızı azalmıştır. Küçük ölçekli santrallerin yaygınlaşması ve kurulum kolaylığı için destek mahiyetinde 2019 yılında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. 2018 yılının ilk günlerinde Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) tarafından, lisanssız elektrik üretimi yapacak ve kurulu gücü 10 kW'ı geçmeyecek güneş santrallerinin kurulmasını kolaylaştıran bir düzenleme yayımlanmıştır. Elektrik Piyasasında Tüketim Tesisi İle Aynı Ölçüm Noktasından Bağlı ve Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisleri İçin Lisanssız Üretim Başvurularına ve İhtiyaç Fazlası Enerjinin Değerlendirilmesine İlişkin Usul ve Esaslar ile üretim kapasitesi 10 kW'ı geçmeyen ve tüketim tesisiyle aynı yerde kurulacak sistemlerin başvuru aşaması ve sonrası işlemleri düzenlenmiştir. Bununla birlikte 12.05.2019 tarihli yeni Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği'nde aylık mahsuplaşma ile ilgili uygulamalar düzenlenmiş ve ihtiyaç fazlası elektrik bedelinin tahsilindeki sorunlar ortadan kalkmıştır. Ancak mahsuplaşma yıllık olarak yapılırsa çatı tipi uygulamalar daha da yaygınlaşacaktır. Çünkü bazı bölgelerde yazın üretimin fazla tüketimin az olduğu, kışın da tüketimin fazla üretimin az olduğu düşünülürse, yazın

üretileen elektriğın kışın elektrik üretimine sayılması, yatırımcılar için kazanç olacaktır. Bu düzenlemeyle herkesin kendi kullandığı elektriğı çatısında üretmesi kolaylaştırılmıştır. Yapılan düzenleme sadece çatıya kurulacak sistemleri değil, cephe uygulamalarını da kapsamaktadır; ancak ülkemizde cephe uygulaması çok yaygın değildir. Bu mevzuat kapsamında kurulacak üretim tesislerinin, bu üretim tesisleri ile ilişkilendirilecek tüketim tesisleriyle aynı noktada olması öngörülmüştür.

Üretim tesisinin kurulu gücü azami 10 kW olup, başvuru ile ilişkilendirilecek tüketim tesisinin bağlantı anlaşmasındaki tüketim gücünden fazla olamayacaktır. Buna ilaveten, tüketim gücü 3 kW'ı geçmeyen tesisler için düzenlemeye göre direkt bağlantı görüşü oluşturulacak ve kurulacak tesis kısa bir sürede elektrik üretmeye başlayacaktır.

EPDK tarafından ilan edilen kendi abone gurubuna ait perakende tek zamanlı aktif enerji birim fiyatı uygulanmasında, 1044 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile 10 kW'a kadar olan konut, sanayi, ticarethane ve aydınlatma grubu aboneleri için kurulan çatı ve cephe uygulamalı güneş enerjisi kaynaklı tesislerde üretilen ihtiyaç fazlası elektrik enerjisi, tesisin işletmeye başlamasından itibaren 10 yıl süreyle uygulanır ibaresi yer almaktadır. Diğer lisanssız elektrik üretim tesislerinden farklı olarak, tüketim tesisinin el değıştirmesi geçici kabul şartı aranmaksızın üretim tesisi yeni tüketiciye devredilebilecektir. Ancak devir işleminin gerçekleştirilebilmesi için yeni tüketici tarafından 30 gün içerisinde başvuruda bulunulması gerekmektedir. Geçici kabulü tamamlanarak işletmeye alınan üretim tesislerinde tüketicinin değışmesi halinde yeni tüketici tarafından tüketim aboneliğı hususundaki sözleşmelerin yapılması ve şebeke işletmecisine başvurulması halinde, 2 gün içerisinde sistem kullanım anlaşması imzalanarak ihtiyaç fazlası elektrik enerjisinin değerlendirilmesine dair iş ve işlemler başlatılmaktadır.

Çatı ve cephe uygulamalarına yapılan başvuruların toplam güç kapasitesi 2019 yılsonu verilerine göre 622 MW'a ulaşmıştır. Sanayi tesisleri için yapılan 775 adet başvuru ile 610 MW'lık kısmı, konutlar için yapılan 1188 başvuru ile 12 MW'lık kısmı yapılmıştır. Bu rakamların yakın gelecekte çok daha fazla artacağı öngörülmektedir [28].

ETKB Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün Türkiye elektrik yatırımları 2020 yılı Ocak ayı özet raporuna göre, 2019 yılı Ocak ayı sonu Toplam Türkiye Kurulu Gücü 88894 MW iken, 2020 yılı Ocak ayı sonunda kurulu güç 91342 MW değerine ulaşmıştır. Hidroelektrik

santral haricindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu güç olarak payı %17,88'dir. Biyokütle, jeotermal ve atık ısıyla birlikte kapasitesi %2,95 olup yalnızca biyokütle toplam elektrik üretiminin yaklaşık %1'lik kısmını oluşturmaktadır.

Türkiye biyodizel üretiminde Resmi Gazete'de yayımlanan 25 Şubat 2011 tarih ve 27857 tarihli Bakanlar Kurulu Kararı ile biyodizele Özel Tüketim Vergisi(ÖTV) uygulaması getirilmiştir. Biyodizel üretiminde maliyetin büyük bölümünü hammadde oluşturmaktadır. Biyodizel sektörünün maliyetleri ÖTV'nin de eklenmesiyle iyice artmış ve sektör rekabet edemez hale gelmiştir. Lisansı olan üreticiler üretim yapamaz hale gelirken birçok üretici lisanslarını iptal ettirmek zorunda kalmıştır. Türkiye'de 2005 yılından beri 80 işletme biyodizel işleme lisansı almış olup 2018 yılında bu lisanslardan 25 adedi sonlandırılmış ve 43 adedi de iptal edilmiş haldedir. 14 işletmenin lisansı 2018 yılında yürürlükte olduğu görülmektedir. 2005-2007 yıllarında lisans alan 5 firma olup 2014 yılından sonra lisans alan firma sayısı 9 olarak gerçekleşmiştir. Toplam işleme kapasitesi lisansı olup iptal olmayan işletmeler bazında yaklaşık 1,5 milyon ton civarında olup toplam kapasitenin büyük oranı atıl durumda kalmıştır. 2020 yılı itibariyle BEPA'da 5 adet firma olup yeterli önlemler alınmaz ve düzenlemeler yapılmazsa bu alandaki işletmedeki firma sayısı artamayacaktır.

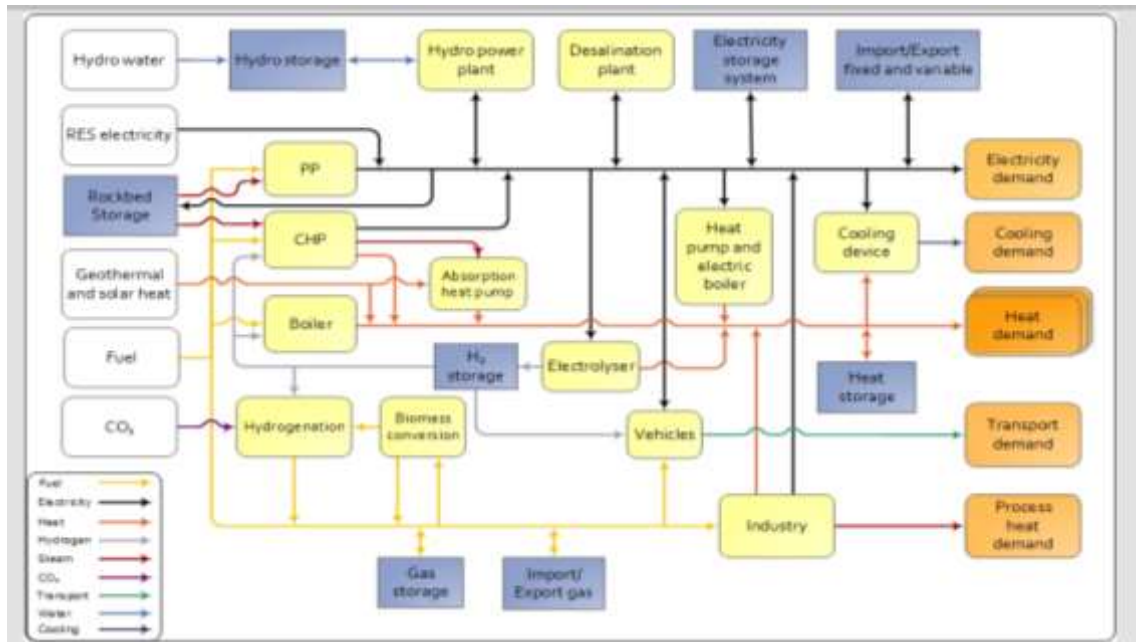
Türkiye, yenilenebilir enerjiler ve biyokütle için belirli periyotlarda kati hedefler belirlemiştir. Eylem ve kalkınma planlarına, strateji planlarına eklemiş ve birçok mevzuat değişikliği yapmıştır. Ancak Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından Mayıs 2009'da yayımlanan Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi, Aralık 2014'te yayımlanan Strateji Belgesi ve Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı ve Eylül 2015'de açıklanan Niyet Edilen Ulusal Katkı Belgesi kurulu güç hedefleri birbirleriyle eşleşmemektedir. Maalesef birçok olumlu faaliyet yapılmış olmasına rağmen planlamaların çoğu istenilen hedefe ulaşmadan sonlanmış durumdadır [34].

3.3. EnergyPLAN Simülasyonları

Türkiye'nin 2030 ve 2050 yılı enerji projeksiyonlarında fosil ve yenilenebilir enerji yollarıyla elde edilecek elektrik gücü ve burada meydana gelecek arzın talebi karşılayıp karşılamadığı irdelenecektir. Mevcut ve yeni kurulacak enerji santrallerinden kurulması gerekli olacak santral ve çeşitlerine kadar çalışılacak senaryolarda değişiklikler yapılacaktır.

Temel olarak çalışılacak senaryolar ısıtma, soğutma ve taşımacılık alanlarında olacaktır. Elektrik, termal ve ulaşım sektörlerini birbirine bağlayarak, elektrik sektörünün (örneğin rüzgâr ve güneş) bu ucuz enerji depolama biçimlerini kullanması mümkündür.

Akıllı bir enerji sistemi, öncelikle enerji sisteminin "dönüşüm" aşamasında yeni esneklik biçimleri yaratan yeni teknolojilerden ve altyapılardan oluşur. Bu, günümüz enerji sistemindeki basit doğrusal bir yaklaşımdan daha bağlantılı bir yaklaşıma dönüştürülerek elde edilir. Şekil 3.2'de gösterildiği gibi, Akıllı Enerji Sistemi elektrik, ısı ve ulaşım sektörlerini birleştirir, böylece bu farklı alanlardaki esneklik rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir kaynaklardaki esneklik eksikliğini telafi edebilir.



Şekil 3.2. EnergyPlan ara yüzü

Akıllı enerji sistemleri yaklaşımını uygulayan önceki analizler, üretim yapmanın gerekli olacağını göstermektedir. Farklı sektörleri entegre etmenin faydasını yakalamak için EnergyPLAN adı verilen bütünsel bir enerji planlama aracı kullanılmıştır.

3.4. EnergyPLAN Uygulaması

EnergyPLAN, bir enerji sisteminin elektrik, ısıtma, soğutma, endüstri ve ulaşım sektörlerini simüle etmektedir. Bir yıllık bir zaman dilimi boyunca her bir sektörü saatlik bazda simüle edilebilmekte ve çeşitli enerji sistemleri seviyelerinde kullanılabilmektedir. EnergyPLAN, önceden tanımlanmış teknolojilerin bir karışımının bir yıllık zaman dilimi boyunca nasıl çalıştığını optimize ettiği için tipik bir simülasyon aracı olarak adlandırılmaktadır. EnergyPLAN kullanıcısı, simülasyon başlamadan önce, EnergyPLAN'ın daha sonra bu enerji sisteminin teknik veya ekonomik bir simülasyon altında nasıl çalışacağını belirlemek için kullandığı teknoloji kapasiteleri, verimlilikler ve maliyetler gibi geniş bir girdi yelpazesini tanımlayabilmektedir. Burada tüm modeller için bir teknik simülasyon stratejisi kullanılır, böylece enerji sistemi EnergyPLAN aracında her saat boyunca olabildiğince verimli çalıştırılmaktadır.

EnergyPLAN, özellikle rüzgâr ve güneş gibi kesintili yenilenebilir enerjileri barındırırken, enerji sisteminde sektörler arasındaki ilişkileri belirleyip kullanabilmek için özel olarak tasarlanmıştır. Bu nedenle, Şekil 3.2'deki akış diyagramında gösterildiği gibi, Akıllı Enerji Sistemi konseptinde gerekli olan çeşitli yeni teknolojiler dikkate alınmaktadır. EnergyPLAN, saatlik bazda simülasyon yapılabildiğinden dolayı bu konuda muadillerinden farklılaşmaktadır.

EnergyPLAN'da bulunan çok çeşitli teknolojiler nedeniyle, modeli enerji sistemindeki birçok farklı potansiyel değişikliği analiz etmek için kullanmak mümkündür. Enerji modellemesi, enerji sektöründe sezgisel olarak açık olmayan bazı temel eğilimleri belirleyebilmektedir. Örneğin, kamusal alanda yeni altyapının inşasını gerektirdiğinden bölgesel ısıtmanın maliyeti genellikle yüksektir. Bununla birlikte, geçmişte enerji modellemesi, kentsel alanlarda bölgesel ısıtmanın doğalgazdan daha ucuz olduğunu göstermiştir, çünkü bölgesel ısıtmanın yakıtı genellikle elektrik sektöründen nispeten daha ucuzdur. Bölgesel ısıtma elektrik sektöründen aşırı ısı kullandığında ortaya çıkan ilişkiler nedeniyle bunu görmek için genellikle enerji modellemesi yapılması gerekmektedir.

EnergyPLAN gibi bir enerji modelleme aracında farklı alternatifleri simüle ederek, enerji sistemi için farklı seçeneklerin etkisini ölçmek mümkündür [35].

EnergyPlan modeli üzerinde tanımlanan girdi ve çıktı ana başlıkları Şekil 3.3'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.3. EnergyPlan girdi ve çıktıları

EnergyPlan yazılımına girilen talep, üretim verileri ve verim çarpanları enerji denge denklemleri kullanılarak program tarafından hesaplanmaktadır. Yazılım elektrik talepleri, ısıtma ve soğutma hesaplamaları için aşağıdaki örnek formülleri kullanmaktadır.

DE = Yıllık elektrik talebi

DEH = Soğutma için yıllık elektrik talebi

DEC = Isıtma için yıllık elektrik talebi

DEX = Sabit dövizin yıllık elektrik talebi (Sabit ithalat/ihracat)

DFXDay = 1 gün içinde esnek yıllık elektrik talebi

DFXWeek = 1 hafta içinde esnek yıllık elektrik talebi

DFX4Week = 4 hafta içinde esnek yıllık elektrik talebi

CFXDay = 1 günlük esnek talebin maksimum kapasitesi

CFXWeek = 1 haftalık esnek talebin maksimum kapasitesi

CFX4Week = 4 haftalık esnek talebin maksimum kapasitesi

Elektrik talebi, yıllık bir değer olarak DE (TWh/yıl) ve saatlik dağıtım veri setinin adıyla tanımlanır. Sabit bir ithalat/ihracat yani DEX de belirtilebilir. Ayrıca, maksimum kapasite değerleriyle birlikte DFXDay, DFXWeek ve DFX4Week gibi çeşitli esnek elektrik talepleri tanımlanabilmektedir. Elektrikli ısıtma ve soğutma için elektrik talepleri gösterilir ve yardım fonksiyonları, bu talepleri elektrik talebinden elde etmeye olanak sağlar.

Elektrik talebi bir elektrikli ısıtma veya soğutma talebi içeriyorsa, bu talep (DEH ve DEC) tanımlanabilir ve elektrik talebinden saat bazında düşülecektir: $dE' = dE - dEH - dEC$ $dE' < 0$ ise $dE' = 0$ $DE' = \sum dE'$ Bu tür elektrikli ısıtma veya soğutma talepleri belirtilirse, yeni elektrik talebi DE' , daha sonra enerji sistemi analizine girdi olarak kullanılacaktır.

Isıtma kapsamında, bireysel kazanlar, KIGS, ısı pompaları ve elektrikli ısıtıcılar hesaplar dahilinde olup hesaplamalarda aşağıdaki tanım ve formülasyonlar kullanılmaktadır.

FM-Coal, FM-Oil, FM-NGas, FM-bio = Bireysel kazanlar için yıllık yakıt talepleri

ρM -Coal, ρM -Oil, ρM -NGas, ρM -bio = Bireysel kazanların ısı verimleri

HM-H₂CHP, HM-NGasCHP, HM-BioCHP = Mikro CHP'nin H₂, doğal gaz ve biyokütle üzerindeki yıllık ısı talepleri.

μM -H₂CHP, μM -NGasCHP, μM -BioCHP = Mikro CHP'nin H₂, doğal gaz ve biyokütle üzerindeki verimliliği (elektrik).

ρM -H₂CHP, ρM -NGasCHP, ρM -BioCHP = Mikro CHP'nin H₂, doğal gaz ve biyokütle üzerindeki etkinlikleri (termal).

HM-HP, HM-EH = Bireysel evlerde ısı pompalarının ve elektrikli ısıtmanın yıllık ısı talebi

ΦI -HP = Müstakil evlerdeki ısı pompalarının COP'si

LIMITM-H₂CHP, LIMITM-NGasCHP, LIMITM-BioCHP, LIMITI-HP = CHP ve HP'nin Kapasite Sınırı (0 ile 1 arasında)

Güneş termal ve ısı depolama

QSolar-M-coal, ...QSolar-M-bio = Bireysel kazan sistemlerinde güneş enerjisiyle elde edilen yıllık ısı üretimi.

QSolar-M-H₂CHP, ...QSolar-M-bioCHP = Bireysel CHP sistemlerinde güneş termalinden yıllık ısı üretimi.

QSolar-M-HP, QSolar-M-EH = Ayrı HP ve EH sistemlerinde güneş enerjisiyle sağlanan yıllık ısı üretimi.

SHARESolar-M-coal, ... SHARESolar-M-EH = Çeşitli sistemlerde güneş enerjisine sahip bireysel evlerin payı.

SHSsolar-M-coal, ... SHSsolar-M-EH = Kapasite, Çeşitli sistemlerde güneş enerjisi için ısı depolama

Bölgesel ısıtma üretimi ve talepleri

QDH1, QDH2, QDH3 = Bölgesel ısıtma grubu 1, 2 ve 3'te ısı üretimi

$\rho_{DH1}, \rho_{DH2}, \rho_{DH3}$ = Bölgesel ısıtma grubu 1, 2 ve 3 için bölgesel ısıtma kayıpları (üretimin yüzdesi)

$HDH1, HDH2, HDH3$ = Bölgesel ısıtma grubu 1, 2 ve 3'te ısı talebi

Bölgesel ısıtma talepleri, $HDH1, HDH2, HDH3$, bölgesel ısıtma üretiminin, toplam bölgesel ısıtma üretiminin yüzdesi olarak ifade edilen bölgesel ısıtma şebekesindeki yıllık kayıplarla çarpılmasıyla hesaplanır. Örneğin, $HDH1 = Q_{DH1} * (1 - \rho_{DH1})$

Soğutma hesaplamalarında, diğer girdiler, “doğal soğutma”dan, yani nehirlerden veya deniz sularından gelen soğutma katkılarıdır. Girdi, üç DH grubunun her biri ve ısı pompaları/soğutucular grubu için yıllık bir değer ve ortak bir saatlik dağılımda verilir. Böyle bir durumda, ilk hesaplama, doğal soğutmanın potansiyel katkısını belirleyecek ve çıkaracak ve ortaya çıkan ısı talebi (h_{Cool}) aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır:

$c_{Natural1} > c_{Cool1}$ ise, $c_{Natural1} := c_{Cool1}$ yoksa $c_{Natural1} := c_{Natural1} - h_{Cool1} = (c_{Cool1} - c_{Natural1}) / \Phi_{Cool1}$

3.5. 2030 ve 2050 Yılı Türkiye Enerji Potansiyeli

Ülkemiz enerji kaynakları içerisinde mevcut durumda ilk sırada yer alan hidrolik kaynak kapasitesinin 2030 yılı itibarıyla devrede, kurulumu devam eden ve üretim lisansı alınan projeler dahilinde 35000 MW kurulu güce sahip olacağı öngörülmektedir [36]. Özellikle ülkemiz nehirlerinin enerji konusunda tam potansiyeline ulaşamamış olması ve enerjinin doğal ve temiz yollarla elde edilmesi karbon emisyonlarının artmasına yol açacak fosil enerji türlerine nazaran daha temiz olması açısından da önemlidir.

2020 Ağustos ayı itibarıyla 25612 MW olan doğalgaz çevrim santrallerinin kapasitesinin geçen yıldan bu yıla olduğu gibi düşeceği ön görülmektedir [36]. Her ne kadar ülkemiz için büyük bir doğalgaz rezervi bulunmuş olsa da bu kaynağın çıkarılmasına kadar geçecek süre ve yılda yaklaşık 15 milyar metreküplük bir üretimin olması bizi doğalgaz ithalinden tam olarak kurtaramamaktadır. İthal bir ürünle enerji güvenliğini sağlamak da hem stratejik hem de ülke ekonomisi açısından olumsuz sonuçlar doğuracaktır. Doğalgaz, ısıl prosesin ihtiyaç olduğu yanma kapasitesine uygun sektörlerde kullanılmalıdır.

Kömüre dayalı santral kapasite ve üretimlerimize baktığımız zaman yerli linyit kömürünün ithal kömüre göre ısıl değerinin daha düşük olmasından dolayı kurulu gücü daha yüksek olmasına rağmen elde edilen elektrik miktarının daha düşük elde edilmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Kömürden enerji elde ederken de artık geleneksel yöntemler yerine ABD ve Rusya gibi ülkelerde kullanıldığı üzere kömürün gazlaştırılarak elde edilmesi yani temiz kömür teknolojilerine odaklanılmalıdır. 2030 yılı olmasa da 2050 yılına kadar da bu teknolojiiden istifade edebileceğimiz düşünülmektedir. Kömürle çalışan santral kapasitemizin 2030 yılında toplamda devrede, yapımı devam eden ve lisans almış santral kapasitelerine bakılarak 25000 MW'ı aşmayacağı öngörülmektedir [36]

CO₂ emisyonları açısından bakıldığında; Birleşmiş Milletler dünya genelindeki ortalama ısı artışının 2°C'nin altında kalması hedefiyle ilişkili olarak, Türkiye'nin de bu hedefi tutturabilmesi için mevcut büyüme hızıyla tahmin edilen 2030 yılında 659 Mt CO₂ salımından 340 Mt CO₂'ye düşürmesi gerekmektedir [37].

2030 yılına kadar tamamlanması öngörülen ve ülkemizin ilk nükleer tesisi olacak Mersin Akkuyu nükleer santrali tamamlandığında her biri 1200 MW kurulu güçte toplam 4 adet üniteden oluşacak olup toplam santral kurulu gücü 4800 MW olacaktır. Yılda bu santralden tam kapasiteyle 35000 GWh elektrik enerjisi üretilmesi planlanmaktadır.

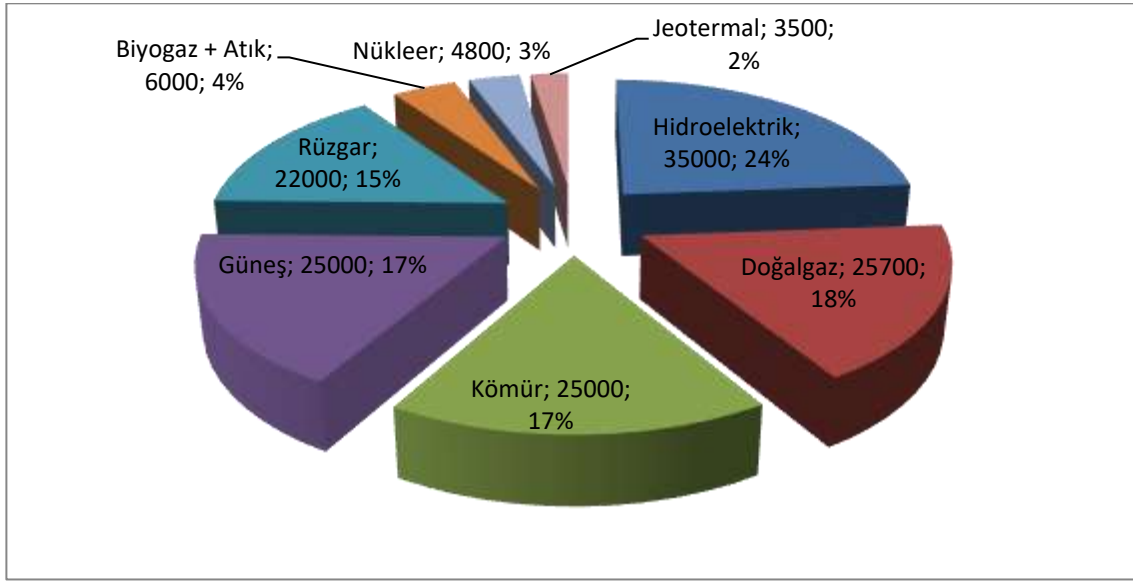
2030 yılına geldiğimizde rüzgâr ve güneş enerji santrallerinin sayılarının artması beklenmektedir. Özellikle güneşlenme sürelerimiz göz önüne alındığında güneş enerjisine yapılacak yatırımlar katlanacaktır. Kurulması planlanan santrallerle beraber rüzgâr santral kurulu gücü 22000 MW ve güneş enerji santralleri kurulu gücü 25000 MW olması öngörülmektedir.

Atık ve çöp tesisleri de atık potansiyelinin değerlendirilmesi adına oldukça önemli olacaktır. Biyogaz olarak açığa çıkan kaynak kurulu gücünün 2030 yılında 5 kat artarak 6.000 MW_e olması beklenmektedir.

Jeotermal enerjide hali hazırda Ege bölgesinin büyük bölümünde toplamda 1515 MW kurulu güce sahip 54 santralle elektrik üretilmektedir [34]. Proje aşamasında ve yapımı devam edenlerle beraber 2197 MW'a ulaşacak jeotermal enerji santrallerindeki kapasite

2030 yılına kadar mevcutta olmayan yeni projelerin de eklenmesiyle 3500 MW seviyesinde olacaktır.

Tüm bu bilgiler ışında 2020 yılı Ağustos ayı itibariyle 92889 MW olan kurulu gücümüz Şekil 3.4'te kurulu güç ve yüzdeleri verildiği şekliyle 2030 yılında 147000 MW olacağı tahminiyle projeksiyon hesabı yapılacaktır.

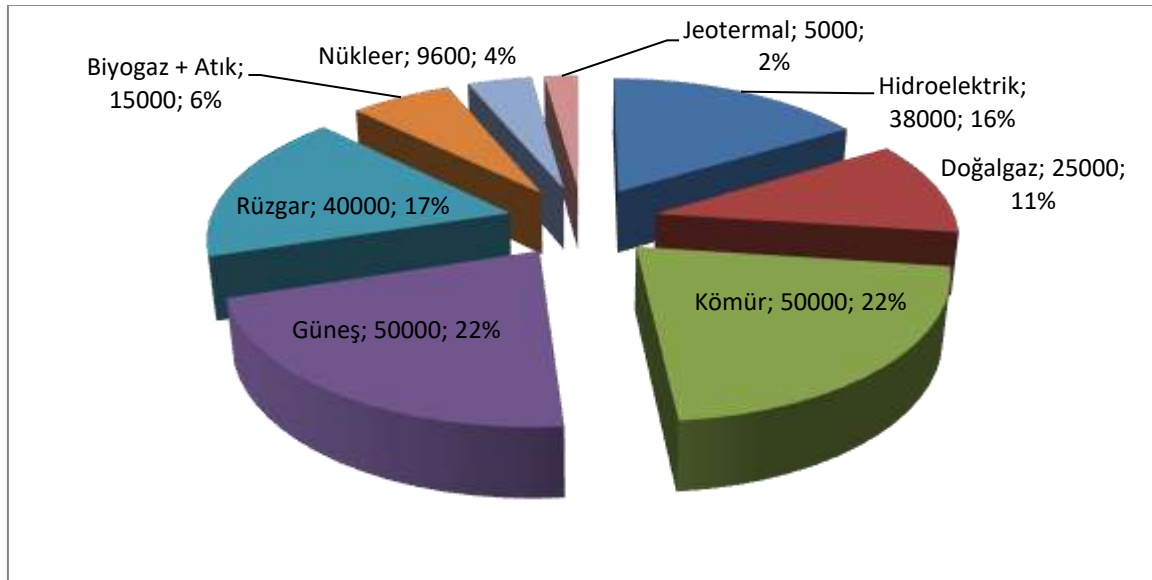


Şekil 3.4. 2030 yılı kurulu gücü(MW) ve yüzdeleri

2030 yılı itibariyle 35000 MW kurulu güce sahip olacağı öngörülen hidrolik enerji su kaynaklarının azalmasından dolayı 2050 yılında 38000 MW olarak kalacaktır. 2050 yılında doğalgaz santralinde artan talebe rağmen kapasitenin belli seviyede tutulması sağlanacak olup yine 2030 değerleri olan 25000 MW seviyesinde olacaktır. Kömürün, gazlaştırılarak elde edilmesi teknolojisinin kullanılacağı öngörüsüyle 2050 yılında klasik kömürle çalışan santral yerine kömür gazı santralleri kurulabilir. Burada 25000 MW seviyesinden 50000 MW seviyesine çıkılacaktır. Bu kapsamda temiz kömür teknolojilerinin, süperkritik ve ultrasüper kritik santral teknolojilerinin de gelişmesi beklenebilir. Bu sistemlerin yerli imalatının önünün açılması ve desteklenmesi ile düşük kaliteli linyitlerin de değerlendirilme potansiyeli bulunmaktadır. 2030 yılında nükleer santral kurulu gücü 4800 MW seviyesinden iptal edilen 4560 MW'lık Sinop nükleer santrali yerine 4800 MW'lık olarak yapılacak 1 santrali daha ilave ettiğimizde 2050 yılına kadar 9600 MW kurulu güce ulaşılacaktır. 2030 yılında rüzgar santral kurulu gücü 22000 MW ve güneş enerji santralleri kurulu gücü 25000 MW seviyesinden 2050 yılında rüzgar enerjisi 40000 MW ve güneş

enerjisi 50000 MW seviyesine çıkacaktır. 2030 yılında 6000 MW olmasını beklenen atık ve biyogaz santrallerinin, artan nüfus ve tüketimin etkisiyle, sayılarının artarak kapasitenin 2050 yılında 15000 MW olacağı öngörülmektedir. Jeotermal enerjide 2030 itibariyle 3500 MW olması öngörülen kurulu güç 2050 yılında yer altı sularının küresel ısınma ve bilinçsiz tüketim etkisiyle azalacağını ve jeotermal kurulu gücünün 5000 MW'ı aşamayacağı öngörülmektedir.

Tüm bu bilgiler ışında 2030 yılında 147000 MW olarak düşünülen kurulu gücün 2050 yılında 232600 MW tahminiyle projeksiyon hesabı yapılacaktır.



Şekil 3.5. 2050 yılı kurulu gücü(MW) ve yüzdeleri



4. SONUÇLAR

4.1. 2030 ve 2050 Yılı Türkiye Projeksiyonu

4.1.1. Verilerin elde edilmesi

Verilerin elde edilmesinde ağırlıklı olarak 2018 Yılı Genel Enerji Denge Tablosu'ndan yararlanılmıştır [37]. Buradan yenilenebilir enerji üretimleri, fosil yakıtlardan üretilen enerji miktarları, ısı üretimi gibi değerler elde edilmiştir. En güncel verileri değerlendirmek adına ise mevcut kurulu güç kapasiteleri Güneş Enerjisi Yatırımcıları Derneği'nin 2020 Ağustos ayı için yayımladığı rapordan alınmıştır. 2030 yılı verileri ise öngörüler ve devam eden proje süreçleri de eklenerek elde edilmiştir. Programın hesap yapabilmesi için gereken temel verilerden biri olan saatlik sıcaklık tablosu da https://rp5.ru/Weather_archive adresinden tarih aralıkları seçilerek indirilmiş derece gün sayıları hesap edilerek eklenmiştir [38]. EnergyPlan yazılımı, saatlik sıcaklık dağılımını kullanarak ısı talep dağılımını vermektedir.

Isı talebi yakıt tüketimleri ve bina başı tüketim verileri 2018 Yılı Genel Enerji Denge Tablosu'ndan alınmıştır. Enerji tablosunda kişi başı elektrik tüketimi yer aldığı için 1 hanede 4 kişinin yer alma yaklaşımıyla hane başına düşen kWh hesaplanmıştır.

2030 ve 2050 yılı simülasyonlarında programa girilen değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.1. Simülasyonlarda girilen değerler

Veri Alanları	Açıklama	2030 Teknik /Market	2030 %20 Düşük	2030 %20 Yüksek	2050 Teknik /Market	2050 %20 Düşük	2050 %20 Yüksek
Elektrik talebi (TWh/yıl)	Enerji denge tablosu 2018	996	996	996	1070	1070	1070
Elektrikli ısıtma (TWh/yıl)	Simülasyon değeri	0	0	0	100	100	100

Çizelge 4.1. (devam) Simülasyonlarda girilen değerler

Esnek talep (1 gün) (TWh/yıl)	Simülasyon değeri	0	0	0	5	5	5
Esnek talep (4 hafta) (TWh/yıl)	Simülasyon değeri	20	20	20	20	20	20
Sabit ithalat/ihracat (TWh/yıl)	Simülasyon değeri	20	20	20	20	20	20
Bina başı talep (kWh/yıl)	Enerji denge tablosu 2018	15000	15000	15000	15000	15000	15000
Kömür boyler yakıt girdisi (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	40	40	40	80	80	80
Kömür boyler termal verimlilik	Literatür	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Petrol boyler yakıt girdisi (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	3	3	3	4	4	4
Petrol boyler termal verimlilik	Literatür	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Doğalgaz boyler yakıt girdisi (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	150	150	150	150	150	150
Doğalgaz boyler termal verimlilik	Literatür	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Biyokütle boyler yakıt girdisi (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	41	41	41	102,5	102,5	102,5
Biyokütle boyler termal verimlilik	Literatür	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Isı pompası ısı talebi (TWh/yıl)	Simülasyon değeri	77,25	77,25	77,25	77,25	77,25	77,25
Elektrikli ısıtma ısı talebi (TWh/yıl)	Simülasyon değeri	10	10	10	10	10	10
Bölgesel ısıtma üretimi grup 3 (TWh/yıl)	Simülasyon değeri	70	70	70	70	70	70

Çizelge 4.1. (devam) Simülasyonlarda girilen değerler

Network kayıpları (TWh/yıl)	Simülasyon değeri	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Soğutma için elektrik tüketimi (TWh/yıl)	Simülasyon değeri	5	5	5	8	8	8
Soğutma için elektrik COP	Simülasyon değeri	2	2	2	2	2	2
Bölgesel ısıtma COP	Simülasyon değeri	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Isı pompası/çiller COP	Simülasyon değeri	2	2	2	2	2	2
Kömür-Endüstriyel (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	100	100	100	200	200	200
Kömür-Diğer (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	140	140	140	280	280	280
Petrol-Endüstriyel (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	80	80	80	80	80	80
Petrol-Diğer (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	35	35	35	50	50	50
Doğalgaz-Endüstriyel (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	160	160	160	160	160	160
Doğalgaz-Diğer (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	180	180	180	180	180	180
Biyokütle-Endüstriyel (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	10	10	10	25	25	25
Biyokütle-Diğer (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	3	3	3	8	8	8
Jet yakıtı-Fosil (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	180	180	180	240	240	240
Dizel-Fosil (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	300	300	300	250	250	250
Dizel-Biyoyakıt (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	75	75	75	100	100	100

Çizelge 4.1. (devam) Simülasyonlarda girilen değerler

Petrol/Metanol-Fosil (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	45	45	45	45	45	45
Doğalgaz - şebeke gazı (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	3	3	3	5	5	5
LPG (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	100	100	100	150	150	150
Elektrik akıllı şarj (TWh/yıl)	Simülasyon tahmin	6	6	6	6	6	6
KIGS kondens modu çalıştırma kapasitesi (MW-e)	Simülasyon kapasiteleri	34870	34870	34870	48000	48000	48000
KIGS kondens modu çalıştırma verimlilik (MW-e)	Literatür	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
KIGS arkadan basınçlı mod çalıştırma kapasitesi (MW-e)	Simülasyon kapasiteleri	8300	8300	8300	12000	12000	12000
KIGS arkadan basınçlı mod çalıştırma elektrik verimi (MW-e)	Literatür	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
KIGS arkadan basınçlı mod çalıştırma termal verimi (MW-e)	Literatür	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Nükleer santral kapasitesi (MW-e)	Simülasyon kapasiteleri	4800	3840	5760	11520	9216	13824
Nükleer santral verimliliği	Literatür + simülasyon	0,45	0,45	0,45	0,33	0,33	0,33
Jeotermal santral kapasitesi (MW-e)	Simülasyon kapasiteleri	3500	2800	4200	6000	4800	7200
Jeotermal santral verimliliği	Literatür	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45

Çizelge 4.1. (devam) Simülasyonlarda girilen değerler

Hidroelektrik santral kapasitesi (MW-e)	Simülasyon kapasiteleri	35000	28000	42000	45600	36480	54720
Hidroelektrik santral verimliliği	Literatür	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Rüzgâr kapasitesi (MW)	Simülasyon kapasiteleri	22000	17600	26400	30000	24000	36000
Fotovoltaik kapasitesi (MW)	Simülasyon kapasiteleri	5000	4000	6000	12000	9600	14400
Hidroelektrik kapasitesi (MW)	Simülasyon kapasiteleri	35000	30000	45000	45600	36480	54720
Konsantre güneş enerjisi kapasitesi (MW)	Simülasyon kapasiteleri	20000	16000	24000	48000	38400	57600
Yıllık güneş girdisi (TWh/yıl)	Güneş enerjisi üretimi	13,92	11,13	16,7	33,41	26,73	40,09
Güç kapasitesi (MW-e)	Güneş kapasitesi	20000	16000	24000	48000	38400	57600
Güç verimi	Literatür	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Termal güneş enerjisi üretimi (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	22	22	22	33,41	33,41	33,41
Absorpsiyonlu ısı pompalarından jeotermal enerji (TWh/yıl)	Simülasyon tahmini	19,78	19,78	19,78	33,4	33,4	33,4
Atık girişi (TWh/yıl)	Denge tablosu+ tahmin	5,4	5,4	5,4	12	12	12
Bölgesel ısıtma üretimi verimliliği	Literatür	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Biyoyakıt taşıma verimliliği	Literatür	0,34	0,34	0,34	0,48	0,48	0,48
Kömürdeki CO ₂ miktarı (kg/Gj)	Yakıtlardaki CO ₂ miktarı literatür	95	95	95	95	95	95

Çizelge 4.1. (devam) Simülasyonlarda girilen değerler

Fueloil-Dizel CO ₂ miktarı (kg/Gj)	Yakıtlardaki CO ₂ miktarı literatür	74	74	74	74	74	74
Doğalgaz CO ₂ miktarı (kg/Gj)	Yakıtlardaki CO ₂ miktarı literatür	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7	56,7
LPG CO ₂ miktarı (kg/Gj)	Yakıtlardaki CO ₂ miktarı literatür	59,64	59,64	59,64	59,64	59,64	59,64
Atık CO ₂ miktarı (kg/Gj)	Yakıtlardaki CO ₂ miktarı literatür	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
Ünite başı elektrik tüketimi (MWh / t CO ₂)	Ortalama ünite başına literatür değeri	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Elektrik şarj-deşarj kapasitesi (MW)	Simülasyon	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Elektrik depolama kapasitesi (GWh)	Simülasyon	5	5	5	5	5	5
CO ₂ fiyatı (TRY / t CO ₂)	IEA değeri	90	90	90	200	200	200
CO ₂ faizi (%)	Tahmin	10	10	10	10	10	10

4.1.2. Simüle edilen senaryolar

EnergyPlan yazılımında simüle edilebilecek 2 adet strateji söz konusudur. Bunlar, Teknik ve market simülasyonlarıdır. Teknik simülasyonda, simülasyon teknik kriterlere göre yapılırken, market smülasyonu fiyat öncelikli olarak çalışır.

Teknik simülasyon stratejisi

2030 Türkiye projeksiyonu için ilk senaryo olarak Teknik Simülasyon seçilmiştir. Bunun alt kırılımında ise ısı ve elektrik talep dengeleme stratejisi seçilmiştir.

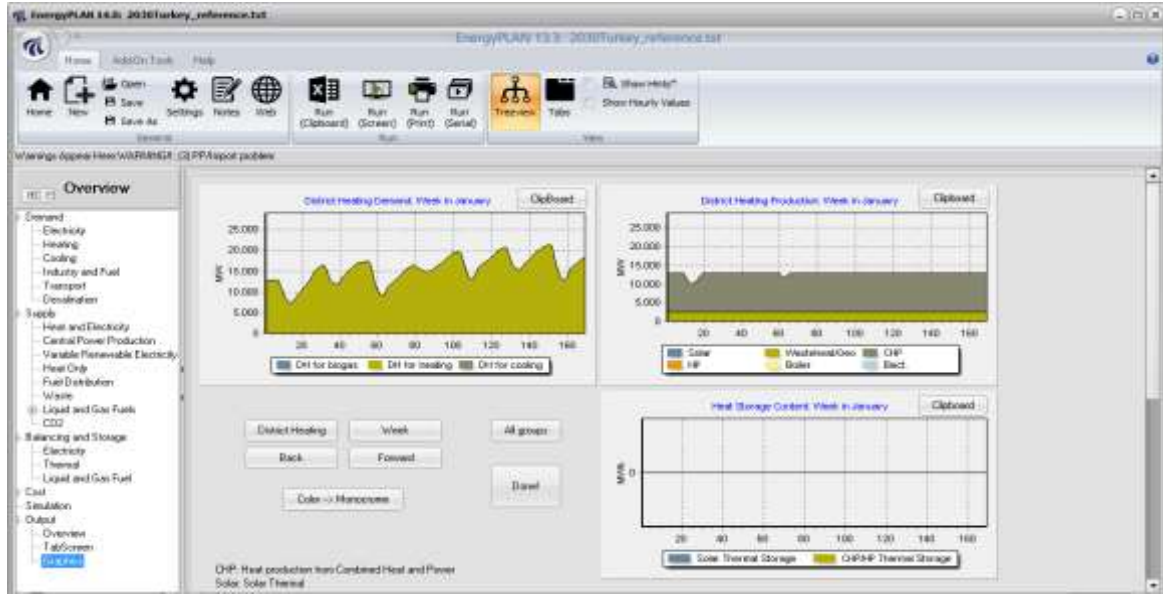
Resim 4.1’de seçimi yapılan maddeler sayfası gösterilmiştir. Bu seçimlerin yapılmasının sebebi hem ısı hem de elektriğin beraber dengelenmesi ve bu sayede ısı ve elektrik

hesaplamalarında örtüşmeyen ya da enerji dönüşümleri sırasında göz ardı edilen enerjinin hesaplara dahil edilmesidir. Isı pompası simülasyonu sadece kritik fazla üretime destek olacak şekilde seçilmiştir. Ulaşım regülasyonu kritik fazla üretim ve güç santraline dengeleyecek şekilde seçilmiştir. Kritik fazla seçeneklerinin seçilmesinin nedeni de dengelemede fazla üretilen elektriğin de değerlendirilebilmesi içindir.



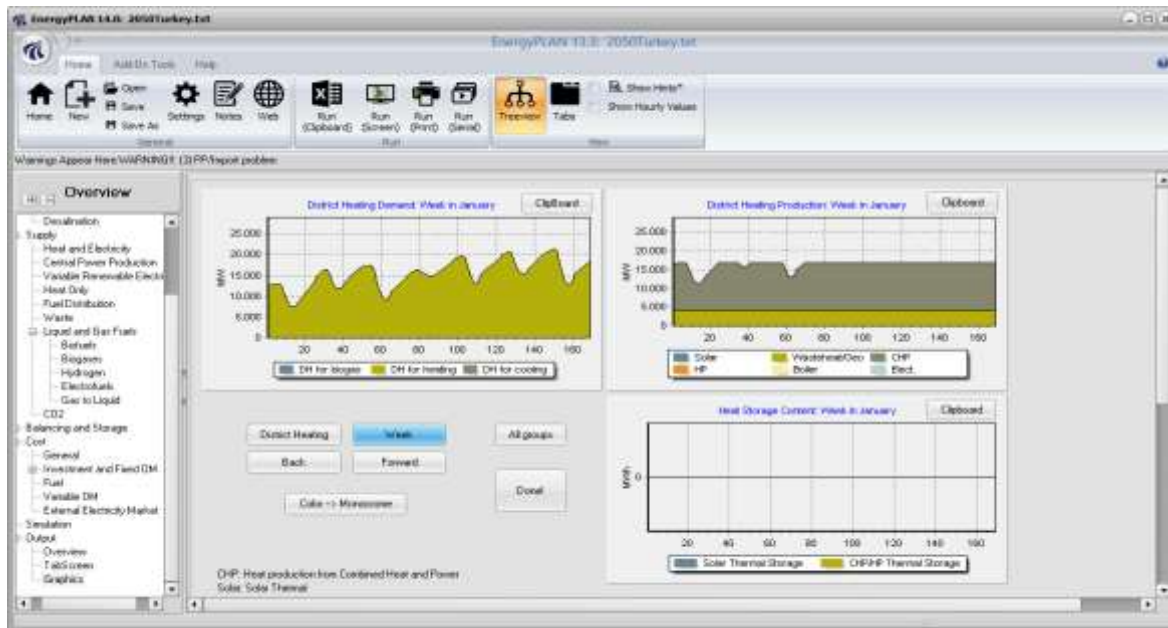
Resim 4.1. 2030 ve 2050 Teknik simülasyon strateji seçimi

2030 yılı Ocak ayı ilk haftası için bölgesel ısıtma taleplerinin 15000 MW ortalamasına yakın olduğu görülmekte buna karşı elde edilen üretimin bu dönemde KIGS ve Jeotermal/Atık Isı ile sağlandığı görülmektedir.



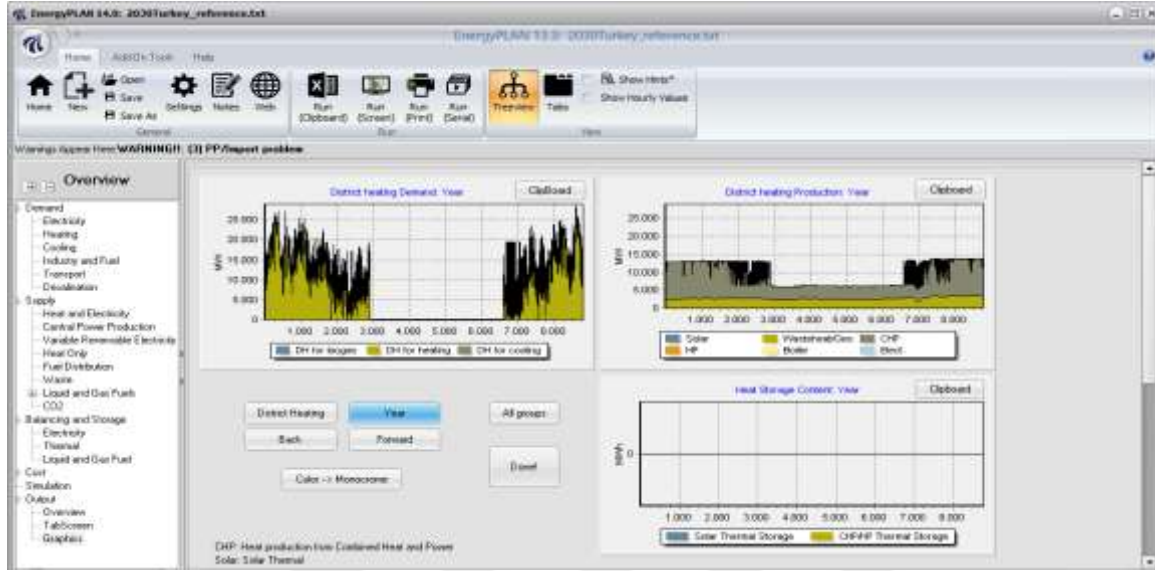
Resim 4.2. 2030 yılı Ocak ayı 1.hafta bölgesel ısıtma sonuçları

2050 yılı Ocak ayı ilk haftası için bölgesel ısıtma taleplerinin 15000 MW ortalamasına yakın olduğu görülmekte buna karşı elde edilen üretimin bu dönemde KIGS ve Jeotermal/Atık Isı ile sağlandığı ancak talebe göre yaklaşık 1000 MW düşük kaldığı görülmektedir. Ocak ayı toplamında 17659 MW bölgesel ısıtma grup 3 üretimi görülmektedir.



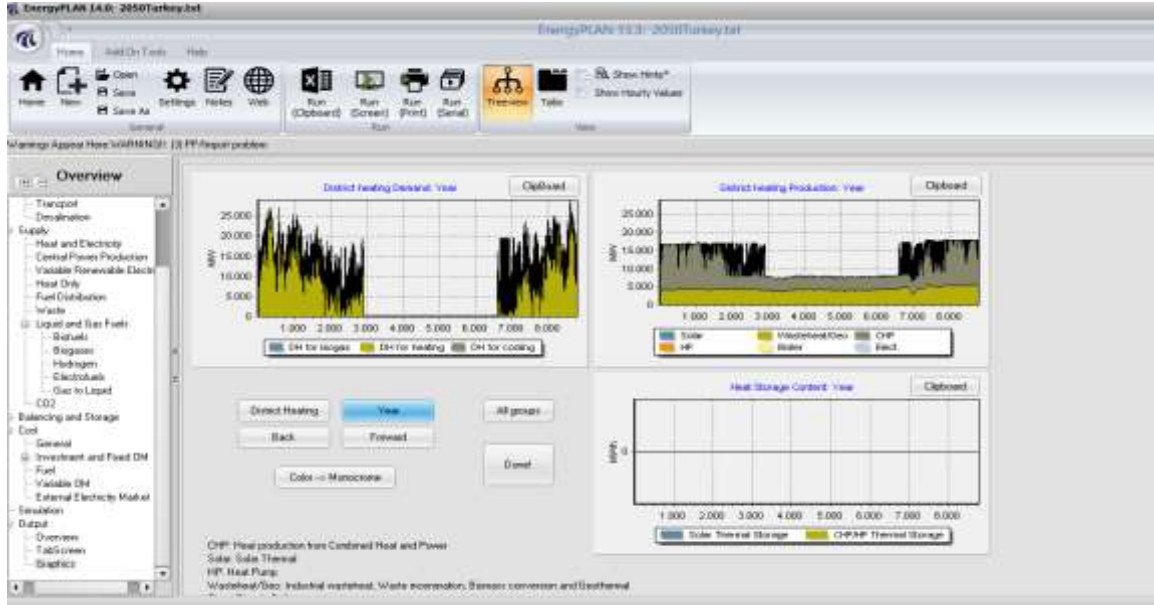
Resim 4.3. 2050 yılı Ocak ayı 1.hafta bölgesel ısıtma sonuçları

2030 yılında yıllık bazda bölgesel ısıtma taleplerini incelediğimizde Mayıs-Eylül ayları arasında talebin olmadığı ancak diğer dönemlerde talebin olduğu ve yine KIGS ve jeotermal üretimi ile karşılanmaktadır.



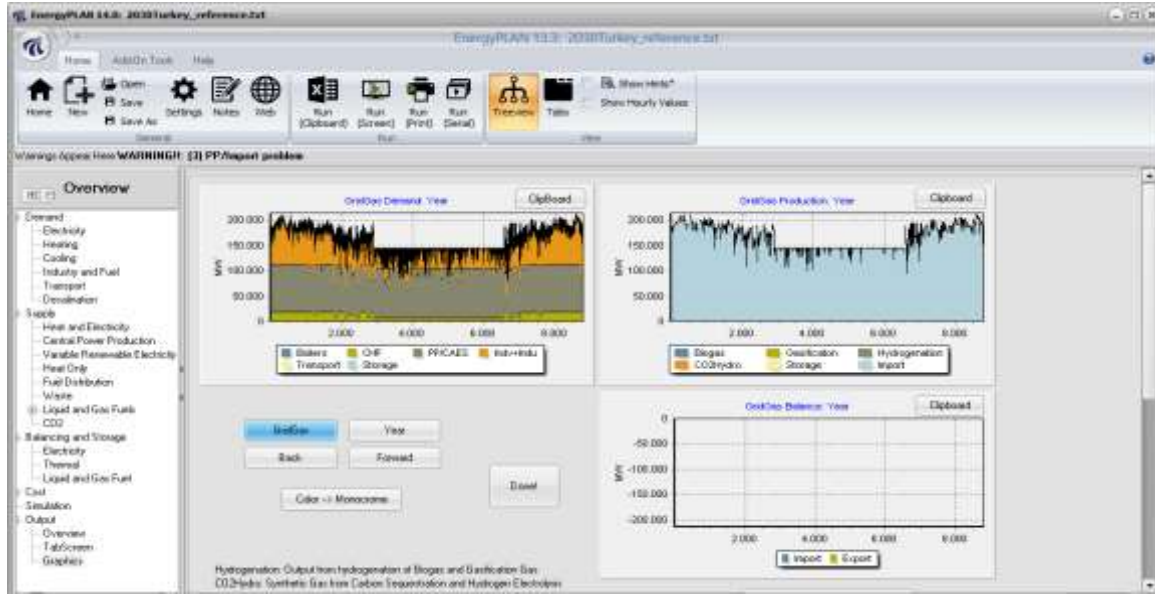
Resim 4.4. 2030 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları

Yıllık bazda bölgesel ısıtma taleplerini incelediğimizde Mayıs-Eylül ayları arasında talebin olmadığı ancak diğer dönemlerde talebin olduğu ve yine KIGS ve jeotermal üretimi ile karşılanmaktadır. Ancak buradaki üretim yıl içindeki pikleri karşılayamamaktadır. Resim 4.5'teki grafiklerde görüldüğü gibi talep grafiğinde 20000 ve 25000 MW seviyeleri görünmesine rağmen üretim 15000-18000 MW arasında seyretmiştir. Bölgesel ısıtma yıllık üretim miktarı grup 3 için 70 TWh olmaktadır. Bunun 67,37 TWh'lık kısmı KIGS, geriye kalan kısmı merkezi güneş ısı santralinden sağlanmaktadır.



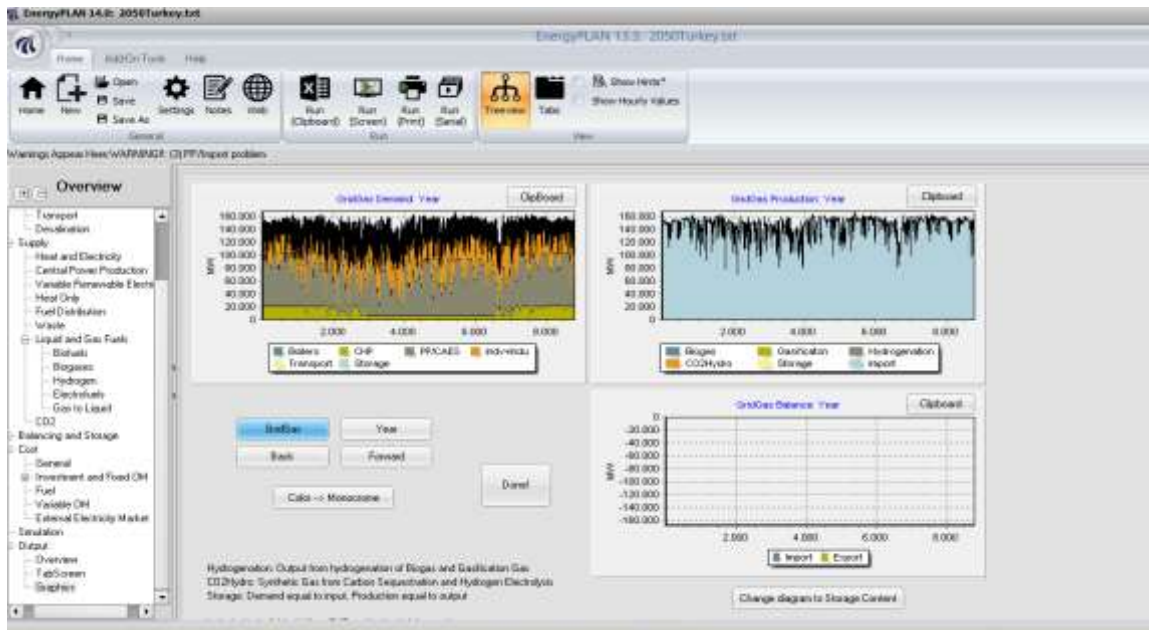
Resim 4.5. 2050 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları

2030 yılı şebeke gazı taleplerinin ise tamamına yakını ithal olarak sağlanmaktadır. Burada Sáfíán'ın çalışmasında yer verdiği doğalgaz alternatifi olarak biyokütle yakıtlarının da devreye sokulması ülke ithalatını azaltacak ancak yeterli olmayacaktır. Oluşan enerji talebini ithal doğalgaz yerine rüzgar, güneş santralleri, PV ve uygulamalarının yaygınlaştırılmasıyla KIGS ve ısı depoları kullanarak ihtiyaçtan fazla elektrik üretimi olduğunda bu enerjinin dönüşümüyle karşılanabilecektir. Enerji dönüşümü için bir diğer husus ise elde edilen elektrik enerjisinin hidrojene dönüştürülerek bir çeşit depolanması ve elektrik tüketiminin düşük ya da talebin fazla olduğu dönemlerde kullanılmasıdır.



Resim 4.6. 2030 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları

2050 yılı , şebeke gazı taleplerinin ise tamamına yakını ithal olarak sağlanmaktadır. Şebeke gazı arz ve talebinde bundan dolayı problem olmadığı görülmektedir. Yapılan simülasyon hesabı sonucu ocak ayı için talep ve bu talebin karşılanması için gereken değer 141181 MW olarak görülmektedir. Yıllık toplam 1185,61 TWh'lık doğalgaz tüketimi görülmektedir.



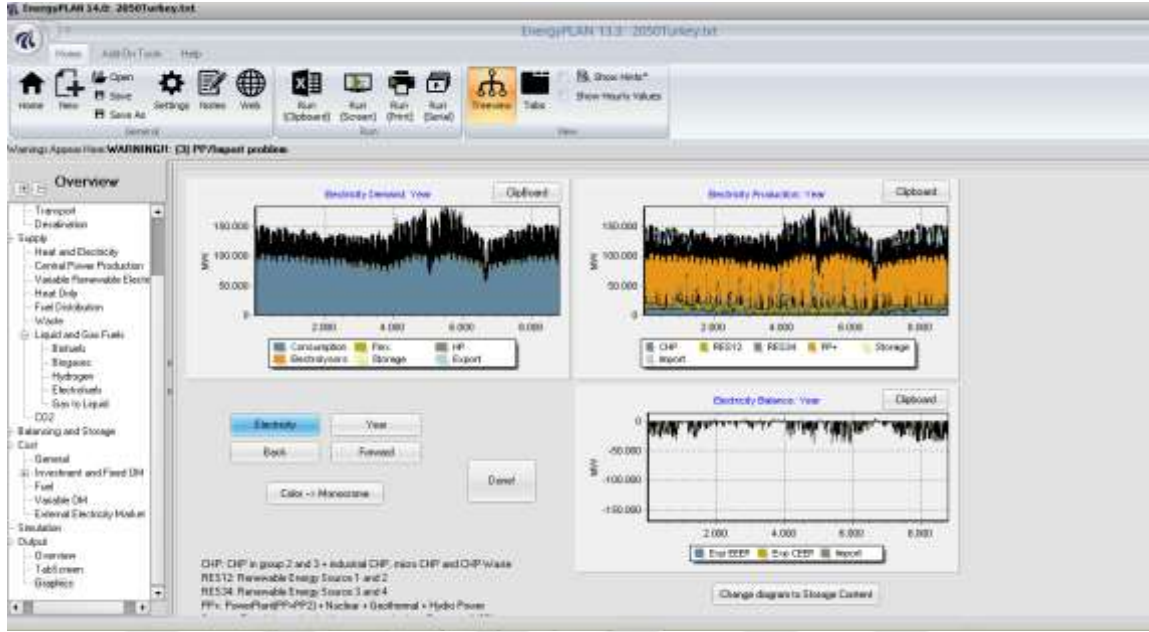
Resim 4.7. 2050 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları

2030 yılında yıllık bazda elektrik tüketim taleplerinin KIGS, yenilenebilir enerji ve güç santrallerinin üretimine ilaveten ithalat ile dengelendiği görülmektedir. Esnek olarak görülen kısımlarda da Türkiye'nin komşularıyla yapılan elektrik alışverişlerinin esneklik sağlaması olarak görülmektedir. Buna benzer alışveriş anlaşmaları Avrupa ülkelerinin pek çoğu arasında yapılmaktadır. Lund, Danimarka'nın diğer komşu İskandinav ülkeleri ve Almanya ile yaptığı anlaşmalara değinmiştir. Rüzgardan elde edilen fazla elektrik belli dönemlerde komşu ülkelere satılmaktadır. Ancak Türkiye'nin jeopolitik konumu, komşu ülkelerin birçoğundan siyasi anlamda fikirlerin uyuşmaması gibi nedenlerle enerji güvenliği açısından bu tip bir alışverişe güvenmektense ülke enerjisinin dönüştürülerek depolama yoluna gidilmesidir.



Resim 4.8. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları

2050 yılında yıllık bazda elektrik tüketim taleplerinin KIGS, yenilenebilir enerji ve güç santrallerinin üretimine ilaveten ithalat ile dengelendiği görülmektedir. Esnek olarak görülen kısımlarda da Türkiye'nin komşularıyla yapılan elektrik alışverişlerinin esneklik sağlaması olarak görülmektedir. Grafikten de görüleceği üzere elektrik üretiminin yaklaşık %30'u yenilenebilir enerji kalemlerinden geldiği anlaşılmaktadır.



Resim 4.9. 2050 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları

2030 ve 2050 yılı EK-1 ve EK-8’de verilen simülasyon sonuç raporlarına bakıldığında bölgesel ısıtma dengesinin her iki yılda da fazla verdiği görülmektedir. Elektrik ve yakıt dengesinin 2030 yılında ithalat tarafında kalmakla beraber 2050 yılında ithalat ve ihracat dengesi olduğu görülmektedir.

Market simülasyonu stratejisi

2030 ve 2050 yılları Türkiye projeksiyonu için ikinci senaryo olarak Market Ekonomik Simülasyon seçilmiştir. Bunun alt kırılımında istenilen miktar kadar araç sayısının hesaba katılabilmesi için şebekeden beslenen elektrikli araçlarda limit yok seçeneği seçilmiştir.

Transmisyon kapasitesinin sistem üzerindeki etkisi ihmal edilmiş ve Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin durmadan çalışması için elektrik fiyatları üzerindeki etkisi negatif teklif olarak seçilmiştir. Resim 4.10’da seçimi yapılan maddeler sayfası gösterilmiştir.



Resim 4.10. 2030 ve 2050 Market ekonomik simülasyon strateji seçimi

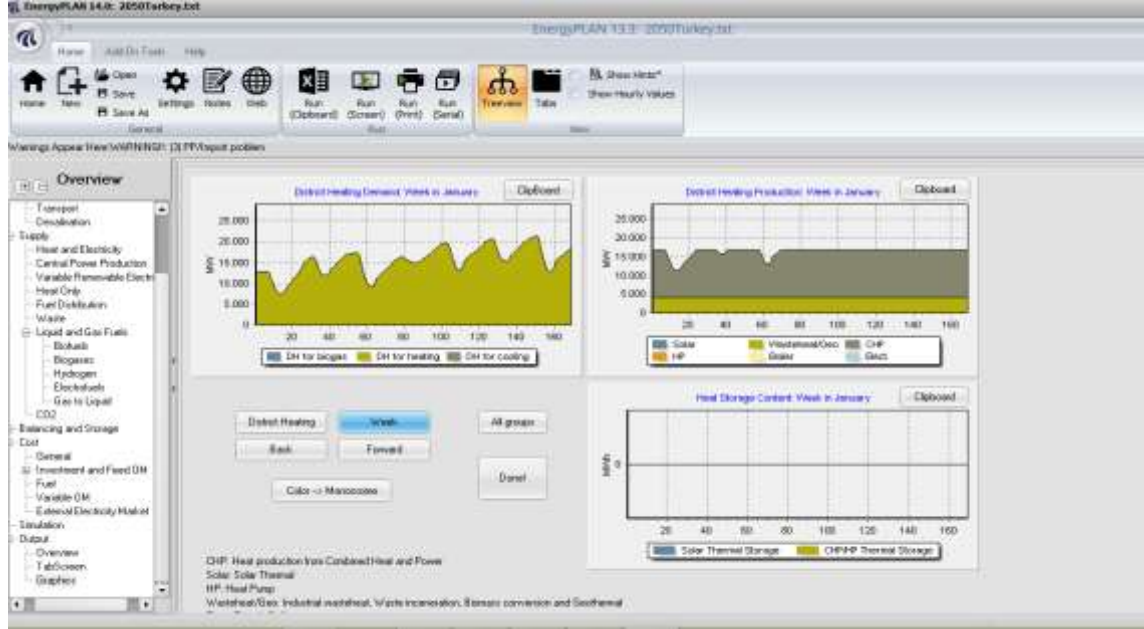
2030 yılı Ocak ayı ilk haftası için bölgesel ısıtma taleplerinin 15000 MW ortalamasına yakın olduğu görülmekte buna karşı elde edilen üretimin bu dönemde KIGS, Jeotermal/Atık Isı ve Boylerlerle sağlandığı görülmektedir. Üretimin 20000 MW'a denk gelen güce kadar çıktığı görülmektedir.



Resim 4.11. 2030 yılı Ocak ayı 1.hafta bölgesel ısıtma sonuçları (Market simülasyon)

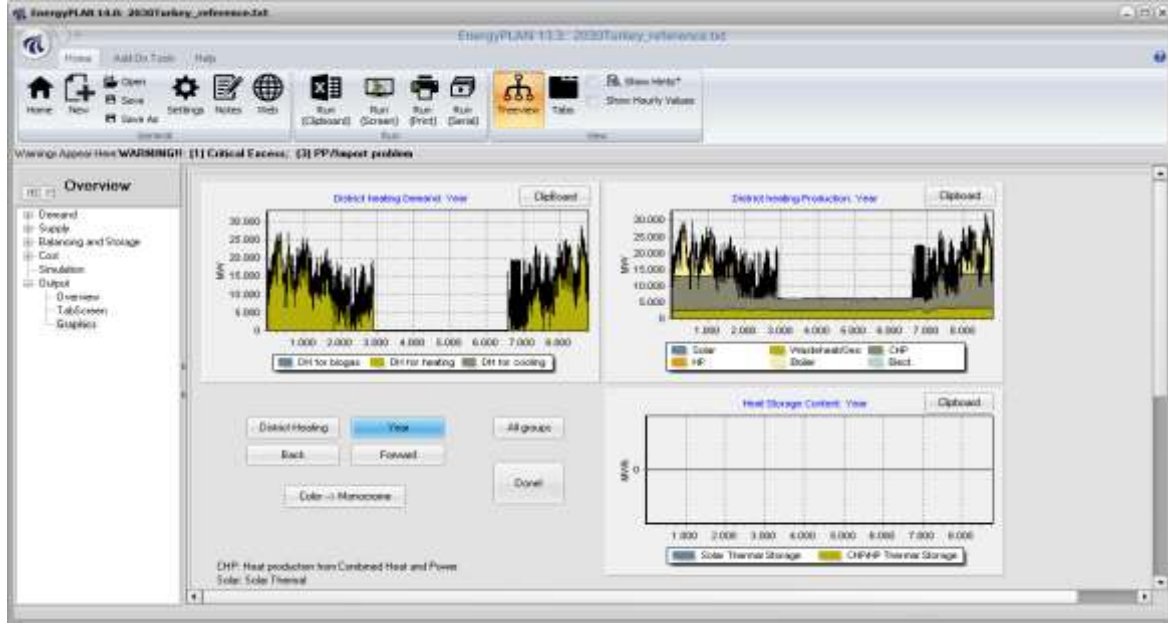
2050 yılı Ocak ayı ilk haftası için bölgesel ısıtma taleplerinin 15000 MW ortalamasına yakın olduğu görülmekte buna karşı elde edilen üretimin bu dönemde KIGS,

Jeotermal/Atık Isı ile sağlandığı görülmektedir. Üretimin 17000 MW'a denk gelen güce kadar çıktığı görülmektedir.



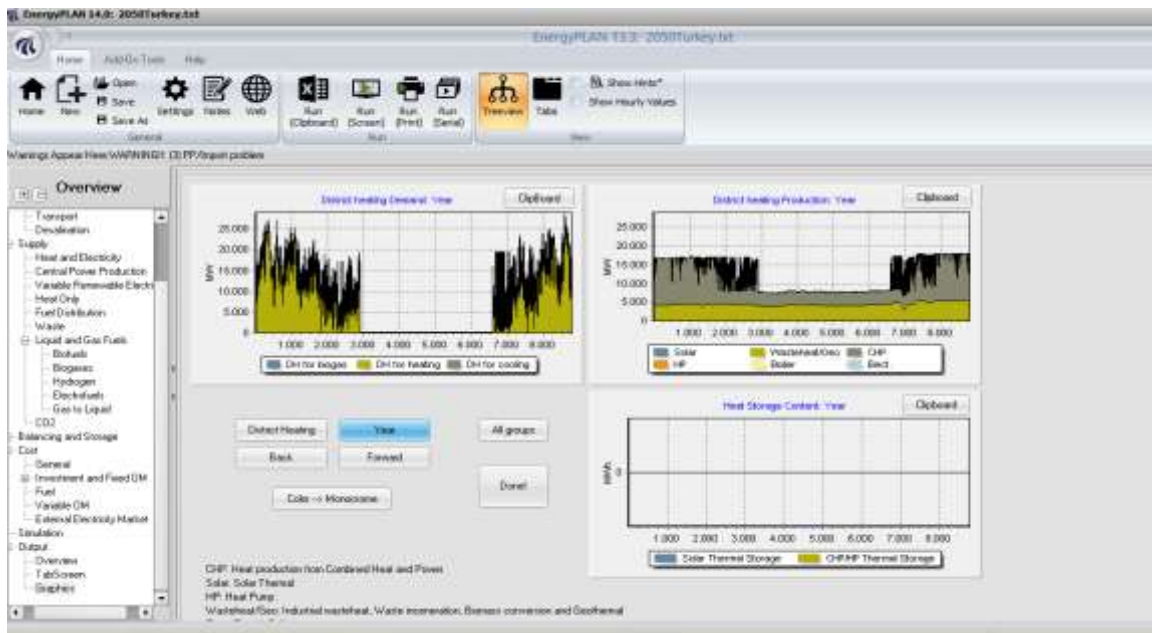
Resim 4.12. 2050 yılı Ocak ayı 1.hafta bölgesel ısıtma sonuçları (Market simülasyon)

2030 yılı yıllık bazda bölgesel ısıtma taleplerini incelediğimizde Mayıs-Eylül ayları arasında talebin olmadığı ancak diğer dönemlerde talebin olduğu ve yine KIGS, jeotermal ve boyler üretimi ile karşılanmaktadır. Özellikle termik santral gibi fosil yakıtlı enerji üretimi yerine mevcut enerji eldesi biyokütle, güneş ve rüzgarın enerji üretimindeki paylarının hızla artmasıdır. Mevcut durumda yenilenebilir enerji eldemiz büyük oranda hidroelektrik santrallerinden gelmektedir. Ancak günümüz koşullarında küresel ısınmanın etkisinin her geçen yıl artması, kısıtlı tatlı su kaynaklarının azalmasıyla bunun yerine daha sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji alternatifine ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş ve biyokütle enerjisi burada rüzgar ve hidrolik enerjiye nazaran bir adım öne çıktığı görülmektedir.



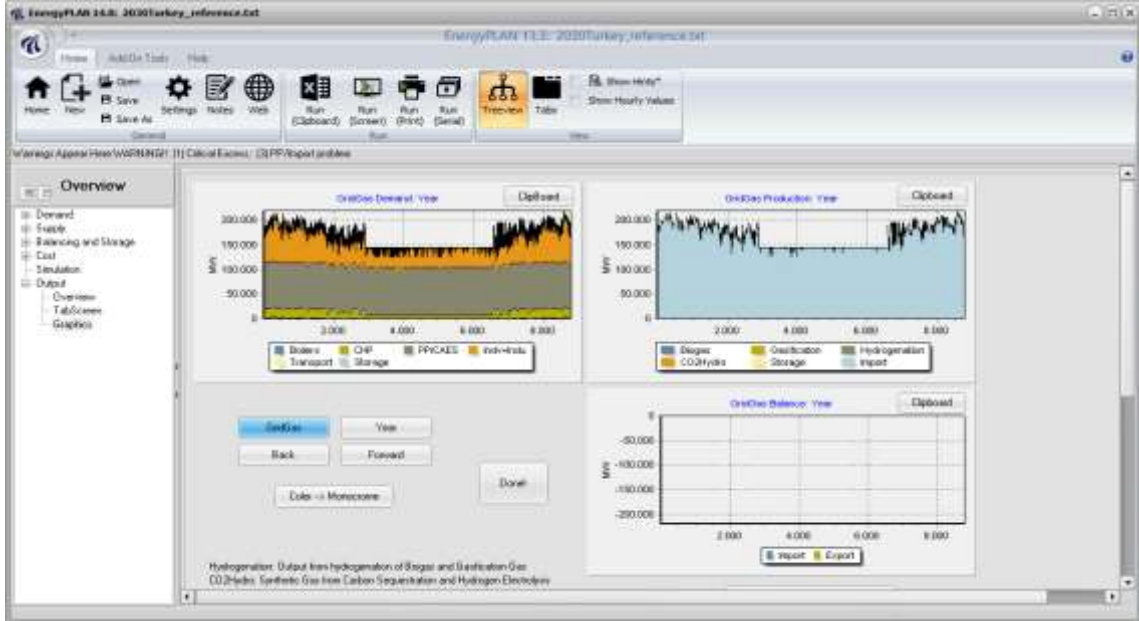
Resim 4.13. 2030 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları(Market simülasyon)

2050 yılında yıllık bazda bölgesel ısıtma taleplerini incelediğimizde Mayıs-Eylül ayları arasında talebin olmadığı ancak diğer dönemlerde talebin olduğu ve yine KIGS, jeotermal üretimi ile karşılanmaya çalışılmaktadır. Pık zamanların karşılanamadığı görülmektedir. Yıllık toplamda 70 TWh'lik üretimin 67,33 TWh KIGS ile geriye kalan 3,13 TWh'lik kısmı MGIS'ten sağlanmaktadır. Grup 3 boylerleri 14,4 TWh'lik katkı sağlayarak toplamda üretim fazlasına neden olmaktadır.



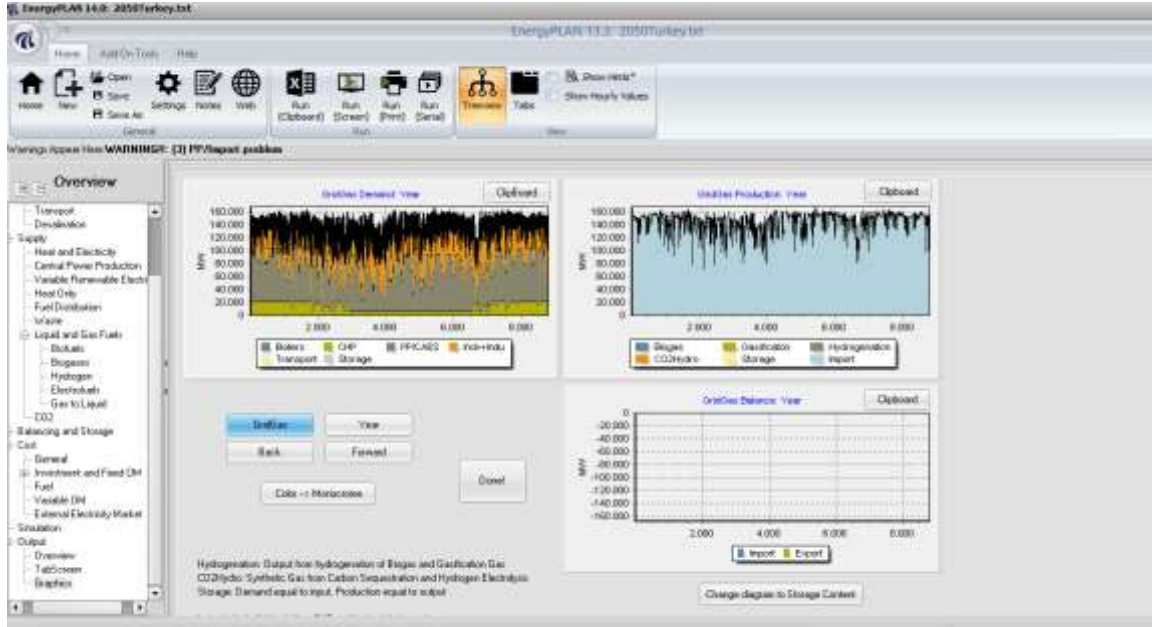
Resim 4.14. 2050 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları (Market simülasyon)

2030 yılı şebeke gazı konusunda da grafikler teknik simülasyonla aynı şekilde oluşmuş durumdadır. Bölgesel ısıtma içerisinde biyogazın ve güneş enerjisi grafikte kendisini gösterememektedir. Bunun nedeni, bu iki enerjinin bölgesel ısıtma yerine elde edilen elektrik enerjisinin direkt şebekeye verilerek kullanılmasından dolayıdır.



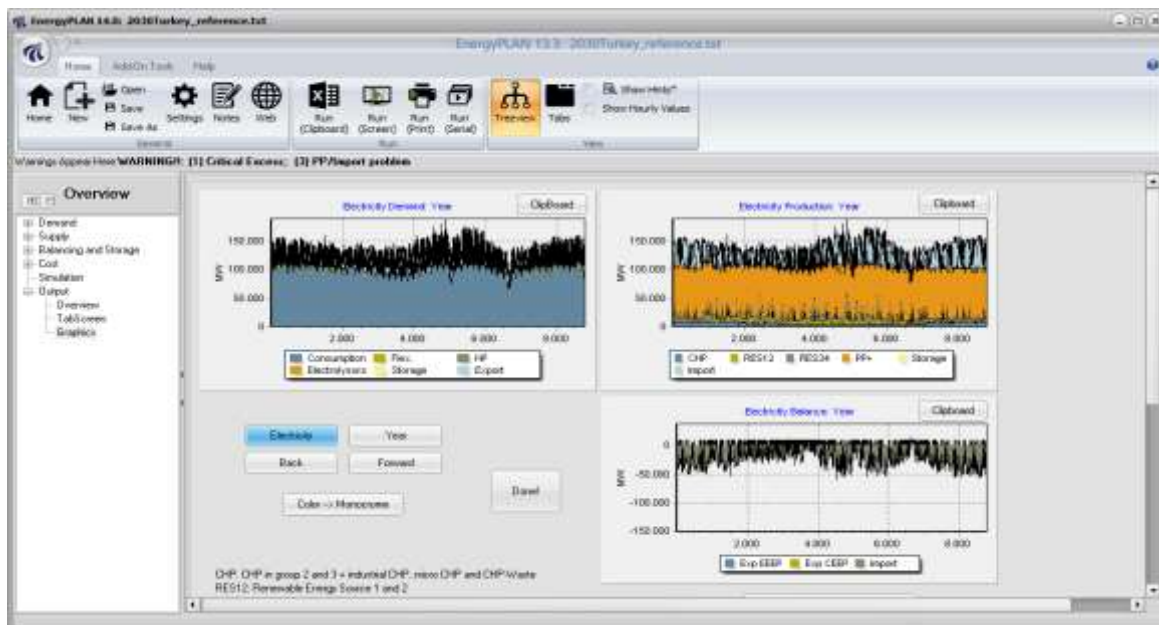
Resim 4.15. 2030 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları (Market simülasyon)

2050 yılı şebeke gazı konusunda da grafikler teknik simülasyonla aynı şekilde oluşmuş durumdadır. Yıllık bazda şebeke gazı üretimi 1277,99 TWh olarak gerçekleşmiştir. Bunun 4,01 TWh'lik kısmı bölgesel ısıtma ve boylerlerden gelmekte, 661,31 TWh'i enerji santralleri, 117,66 TWh'i KIGS'den gelmektedir.



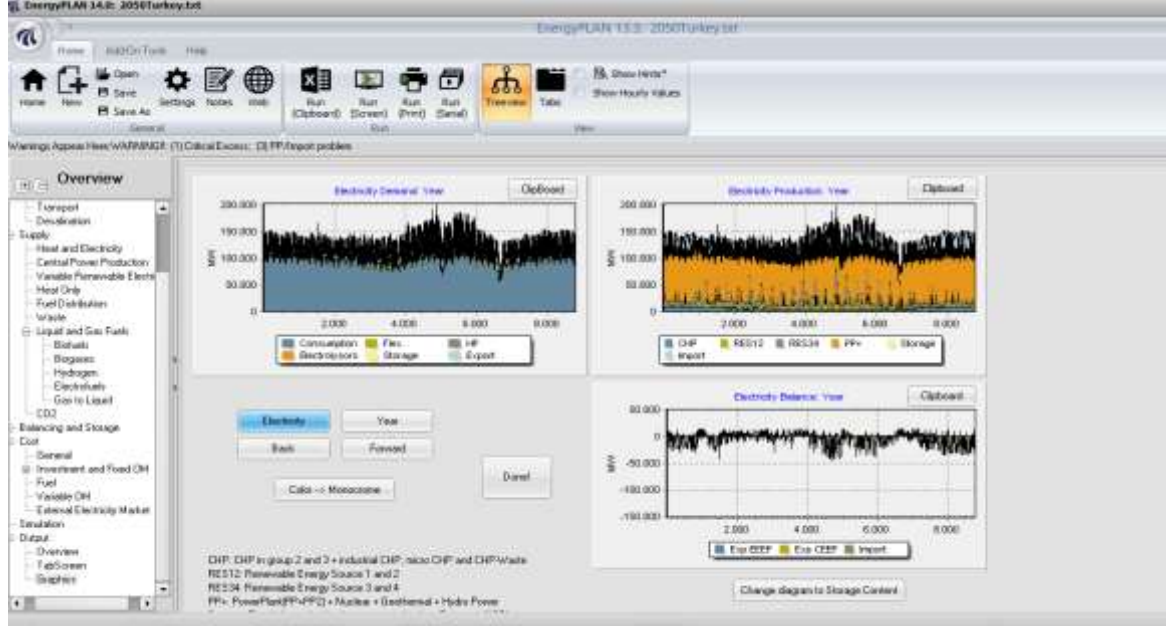
Resim 4.16. 2050 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları (Market simülasyon)

2030 yılı elektrik konusunda da grafikler teknik simülasyonla aynı şekilde oluşmuş durumdadır. Şebeke gazındaki ağırlık yine doğalgaz olarak görülmektedir. Kömürün gazlaştırılarak şebekeye verilmesi ile biyogazın yaygınlaştırılıp biyogazdan elde edilen gazın şebekeye verilmesi düşünülürse bu miktarlar azaltılabilecektir. Kömürün gazlaştırılması teknolojisi Türkiye için 2030 yılına kadar sürede uygulanabilir olmamaktadır.



Resim 4.17. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları(Market simülasyon)

2050 yılı elektrik konusunda da grafikler teknik simülasyonla aynı şekilde oluşmuş durumdadır. Elektrik dengesinin daha fazla ithalata yöneldiği grafikten görülmektedir.

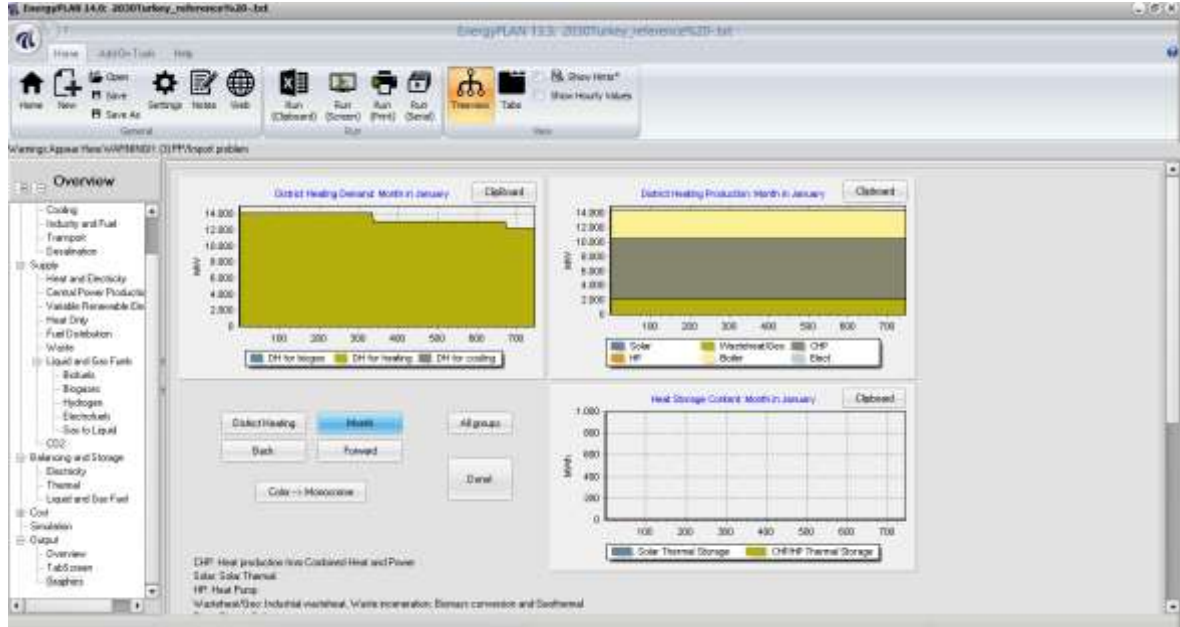


Resim 4.18. 2050 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (Market simülasyon)

%20 Düşük kapasite senaryosu

Buradaki senaryoya göre 2030 yılı için öngörülen ve 2019 yılına göre artış beklenen kurulu güçlerin Teknik simülasyon senaryosuna göre %20 daha düşük olduğu senaryodur. EnergyPlan ile yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde %5 ve %10'luk artış ve azalışlarla senaryoların yapıldığı ancak senaryo adım sayısının fazla olduğu görülmüştür. Bu nedenle %20'lik düşük ve yüksek kapasite senaryoları çalışılmıştır.

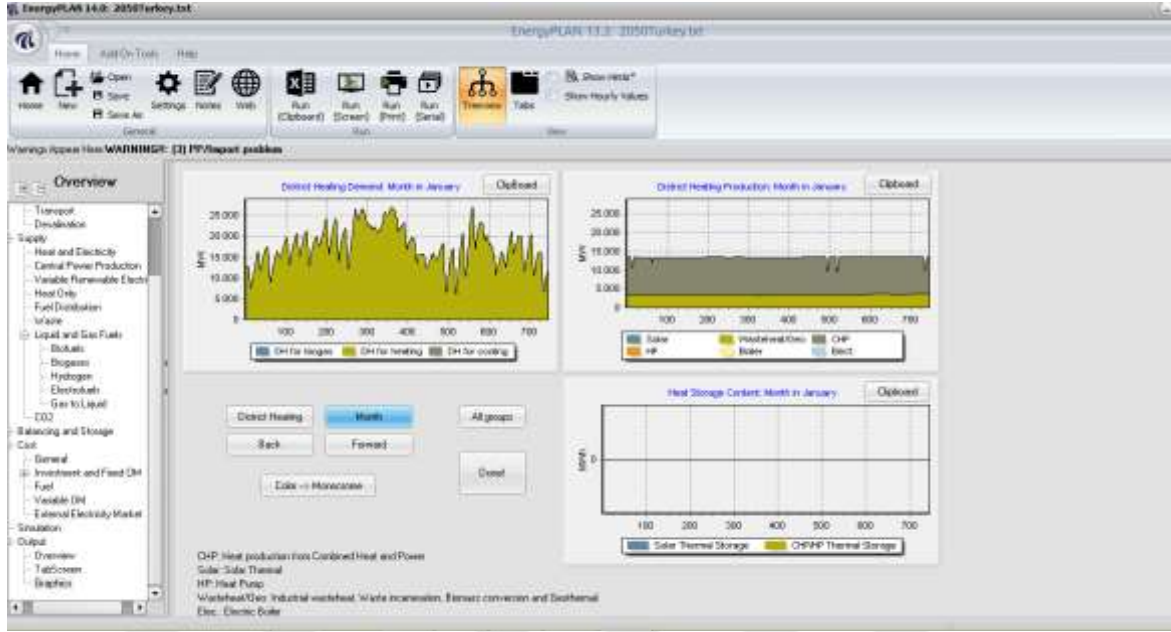
2030 yılı Ocak ayı için mevcut senaryo ile ele alındığında talebe karşı üretimin dengeli olduğu görülmektedir. Atık ısı/jeotermal, KIGS ve Boyler yani güç santrali desteğiyle ağırlıklı olarak üretimin yapıldığı Resim 4.19'dan görülmektedir.



Resim 4.19. 2030 yılı Ocak ayı bölgesel ısıtma sonuçları(Düşük kapasite)

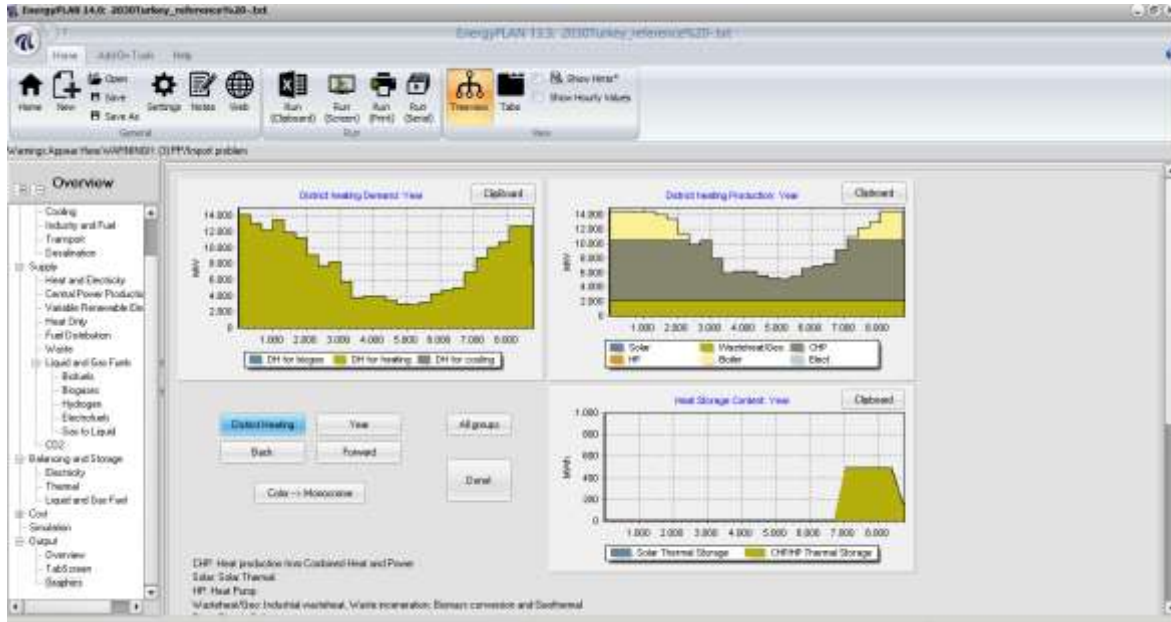
2050 yılı için öngörülen ve 2030 yılına göre artış beklenen kurulu güçlerin 4.2.1. senaryosuna göre %20 daha düşük olduğu senaryodur.

2050 yılı Ocak ayı için mevcut senaryo ile ele alındığında talebe karşı üretimin dengeli olmadığı görülmektedir. Atık ısı/jeotermal ve KIGS ağırlıklı olarak üretimin yapıldığı 14000 MW'a karşılık 20000 MW ortalama talep görülmekte ve bu durum Resim 4.20'den görülmektedir.



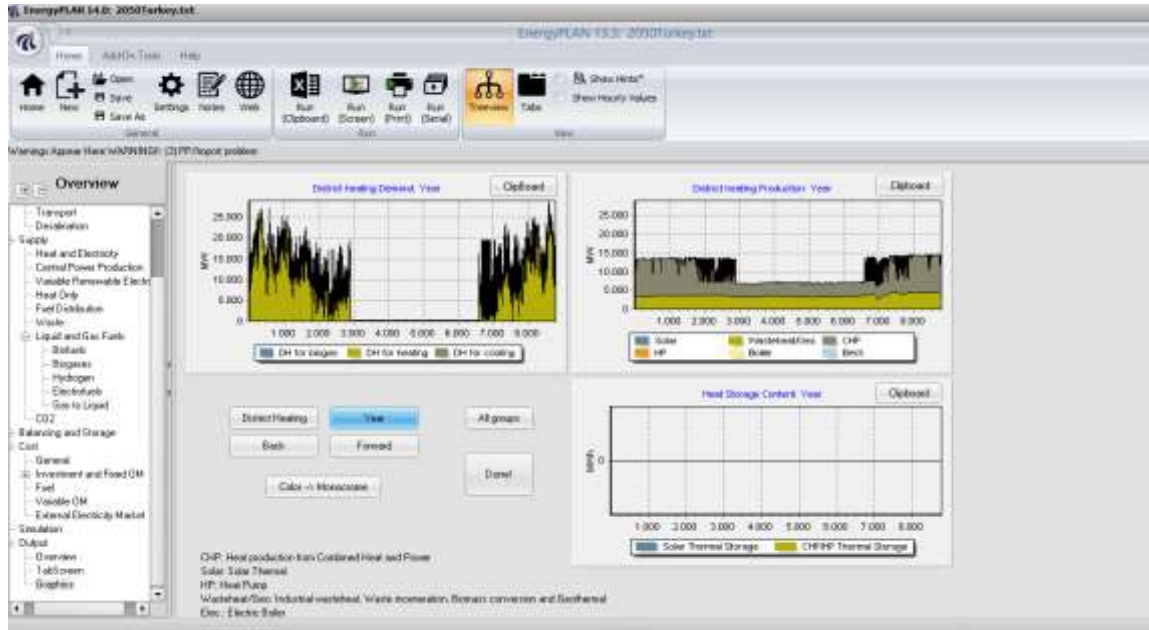
Resim 4.20. 2050 yılı Ocak ayı bölgesel ısıtma sonuçları (Düşük kapasite)

2030 yılı KIGS termal depolamanın Kasım ve Aralık aylarına denk gelecek şekilde 500 MWh olduğu görülmektedir. Yaz aylarında görülen 3000 MW'lık ısı talebi de sanayide meydana gelecek talepten dolayıdır.



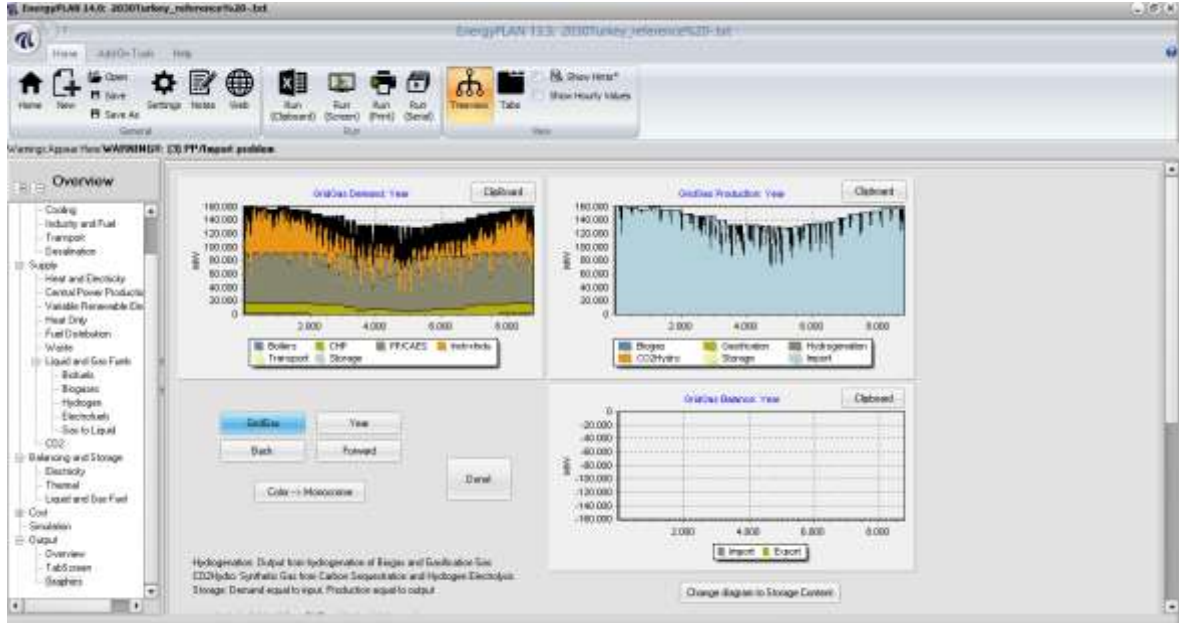
Resim 4.21. 2030 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları(Düşük kapasite)

2050 yılı yıllık bazda baktığımızda da bölgesel ısıtma üretimi yıllık bazda talebi karşılamamaktadır. Mayıs-Eylül arası döneme baktığımızda talebin yaz ayları olduğundan dolayı 0 olduğu görülmektedir. Ancak bu dönemde üretim 7000 MW seviyesinde KIGS ile Atık+MGIS tarafından sağlanmaktadır. Talebin en yoğun olduğu Aralık-Şubat dönemlerinde bu santrallerin üretimi 13000 MW olarak gerçekleşmiştir.



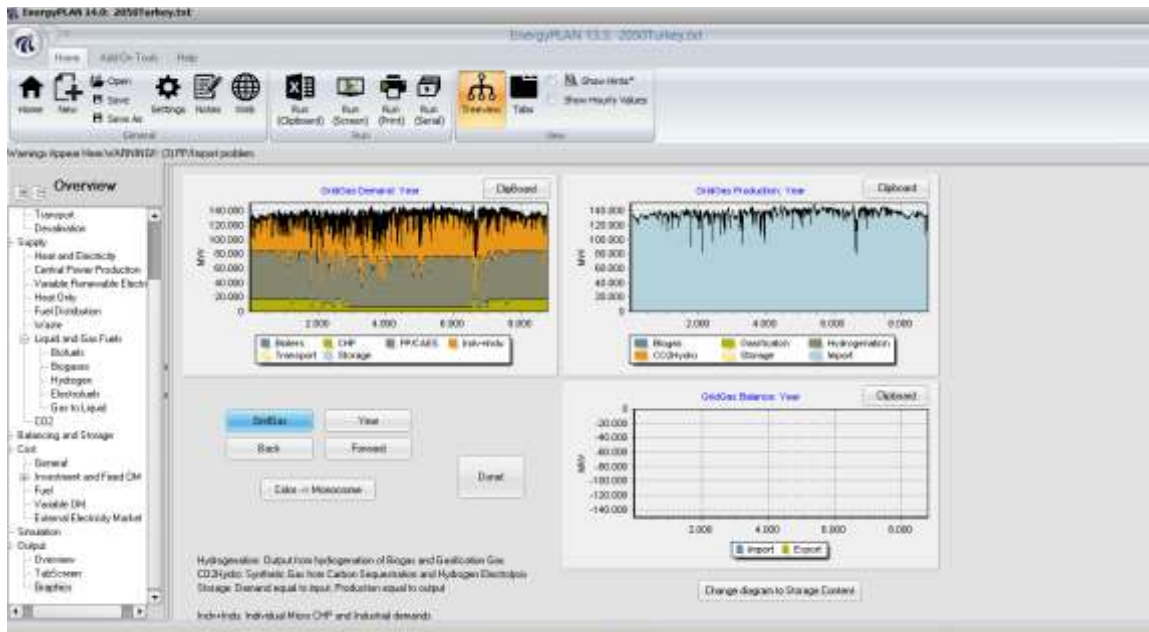
Resim 4.22. 2050 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları (Düşük kapasite)

2030 yılı şebeke gazını ele aldığımızda KIGS, PP ve bireysel taleplere karşı büyük oranda ithal doğalgaz ile talebe karşılık verildiği görülmektedir. Ayrıca şebeke gazı yıllık dengesi de üretimin talebi karşıladığı yönündedir.



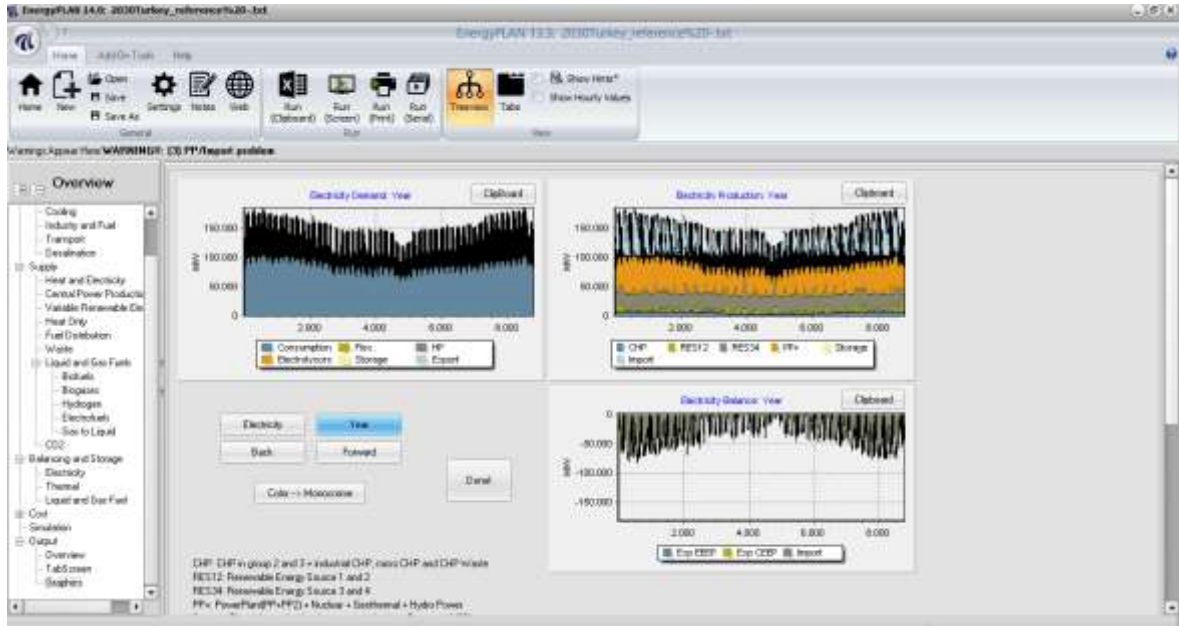
Resim 4.23. 2030 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları (Düşük kapasite)

2050 yılı şebeke gazını ele aldığımızda KIGS, PP ve bireysel taleplere karşı büyük oranda ithal doğalgaz ile talebe karşılık verildiği görülmektedir. Ayrıca şebeke gazı yıllık dengesi de üretimin talebi karşıladığı yönündedir. Yıllık baza bakıldığında 1158,13 TWh'lık toplam talebi, 559,62 TWh/yıl ile enerji santralleri, 340 TWh/yıl ile endüstriyel talep, 150 TWh/yıl bireysel kullanım, 103,51 TWh/yıl ile KIGS ve 5 TWh/yıl ile ulaşım alanlarında kullanım ve ihtiyaçlar oluşturmaktadır.



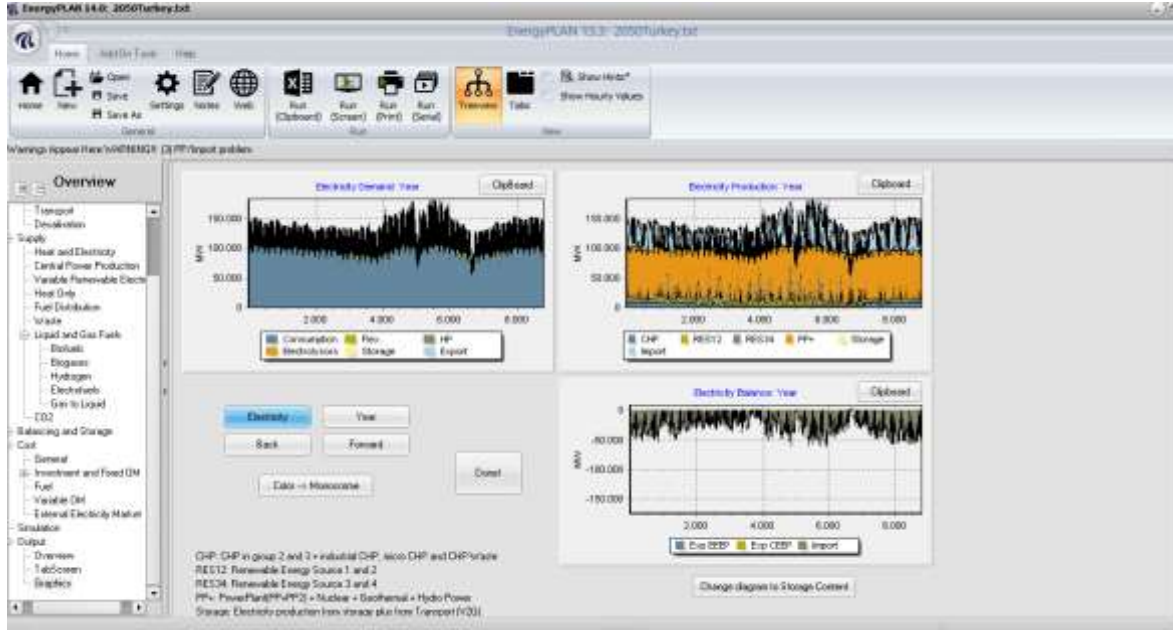
Resim 4.24. 2050 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları (Düşük kapasite)

2030 yılı yıllık elektrik talebinin yenilenebilir ve termik santrallerle karşılandığı görülmekte olup pik zamanlarında ithalat ile enerji dengesi sağlanmaya çalışılmaktadır. Connolly vd. belirttiği gibi %100 yenilenebilir enerjiye giden yolda biyokütle ve hidrojen enerjisinin aktif bir şekilde devreye alınmasıyla termik santral oranı düşürülüp yenilenebilir ve sürdürülebilir enerjinin talebi karşılama yönündeki katkısı artacaktır.



Resim 4.25. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları(Düşük kapasite)

2050 yılı yıllık elektrik talebinin yenilenebilir ve termik santrallerle karşılandığı görülmekte olup pik zamanlarında ithalat ile enerji dengesi sağlanmaya çalışılmaktadır. İthalatın 55000 MW'a denk gelecek kadar elektrik alımıyla sonuçlandığı görülmektedir.



Resim 4.26. 2050 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (Düşük kapasite)

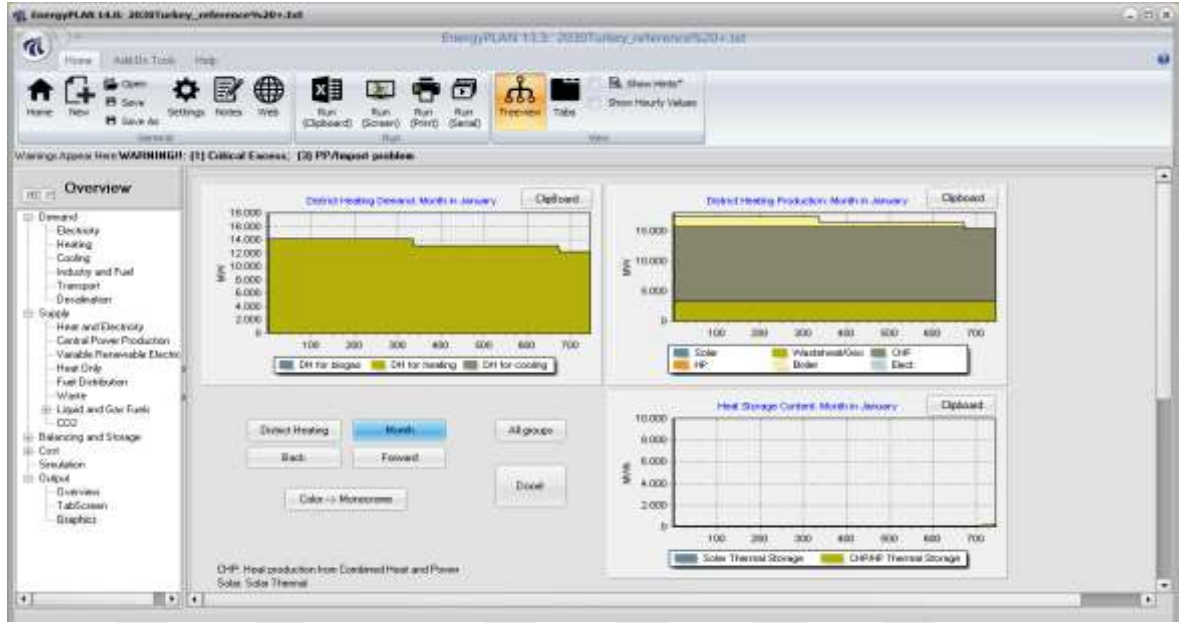
2030 ve 2050 yılları düşük kapasite simülasyonları bölgesel ısıtma, elektrik ve yakıt dengeleri benzer profil ortaya koyduğu EK-3 ve EK-10'da verilen simülasyon rapor çıktısında görülmektedir.

%20 Yüksek kapasite senaryosu

Buradaki senaryoya göre 2030 yılı için öngörülen ve 2019 yılına göre artış beklenen kurulu güçlerin Teknik simülasyon senaryosuna göre %20 daha yüksek olduğu senaryodur.

Ocak ayına baktığımızda 13000 MW talebe karşılık 15000 MW üretim görülmektedir.

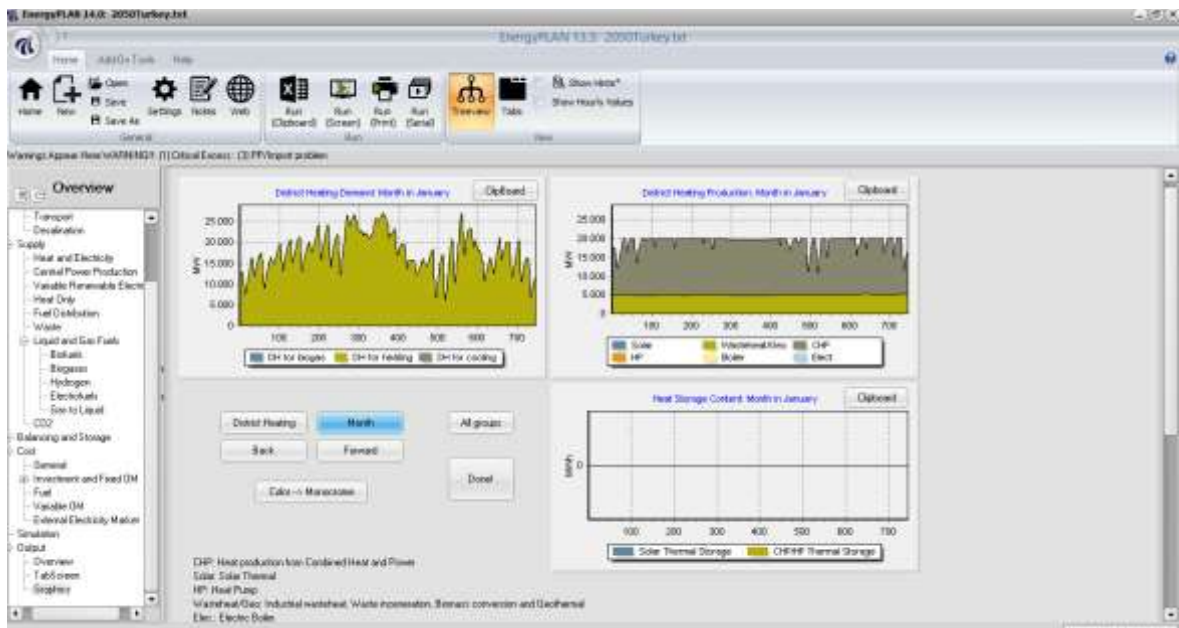
Fazla üretim depolama olmadığı için ısı kaybı olarak karşımıza çıkmaktadır.



Resim 4.27. 2030 yılı Ocak ayı bölgesel ısıtma sonuçları(Yüksek kapasite)

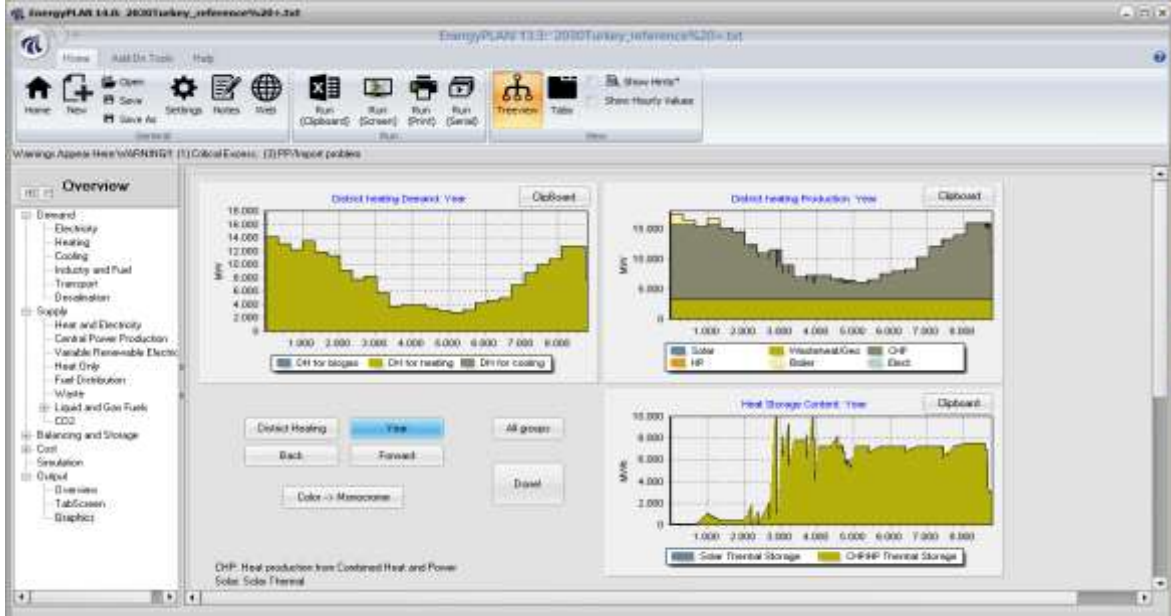
2050 yılı için öngörülen ve 2030 yılına göre artış beklenen kurulu güçlerin Teknik simülasyon senaryosuna göre %20 daha yüksek olduğu senaryodur.

Ocak ayına baktığımızda ortalama 20000 MW talebe karşılık 20000 MW üretim görülmektedir. Bu senaryoyle bölgesel ısıtmadaki Ocak ayı talebi karşılandığı görülmektedir.



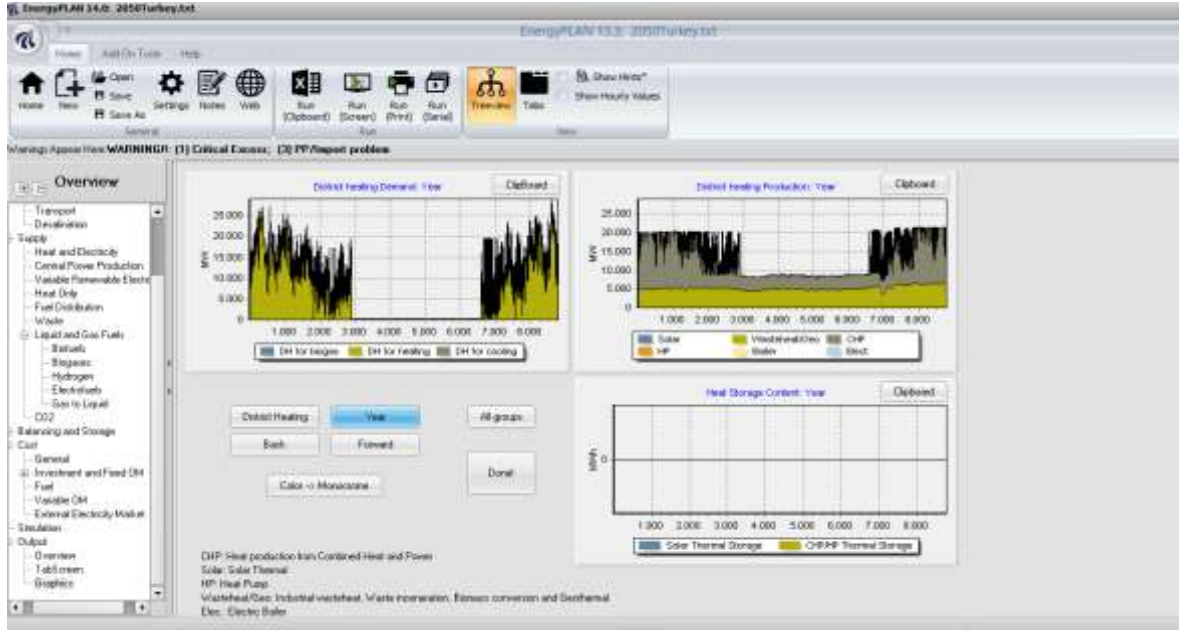
Resim 4.28. 2050 yılı Ocak ayı bölgesel ısıtma sonuçları (Yüksek kapasite)

Resim 4.29'da 2030 yılında yüksek kapasiteli üretimden dolayı termal depolama yapılabilecek miktar Mayıs ayından itibaren 7000 MWh olarak görülmektedir. Lund ve Clark'ın belirttiği üzere ısı depolama yatırımlarının olması gerektiği %20 yüksek kapasite senaryosunda ortaya çıkmaktadır.



Resim 4.29. 2030 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları(Yüksek kapasite)

2050 yılı yıllık bazda bakıldığında ise yıllık talebe karşılık üretimin ortalama bazında ihtiyacı karşıladığı görülmektedir. 70 TWh/yıl bölgesel ısıtma talebine karşılık, 73,61 TWh/yıl KIGS ve 45,74 TWh/yıl Atık+MGIS ile toplamda 119,35 TWh/yıl üretim gerçekleşmiştir.



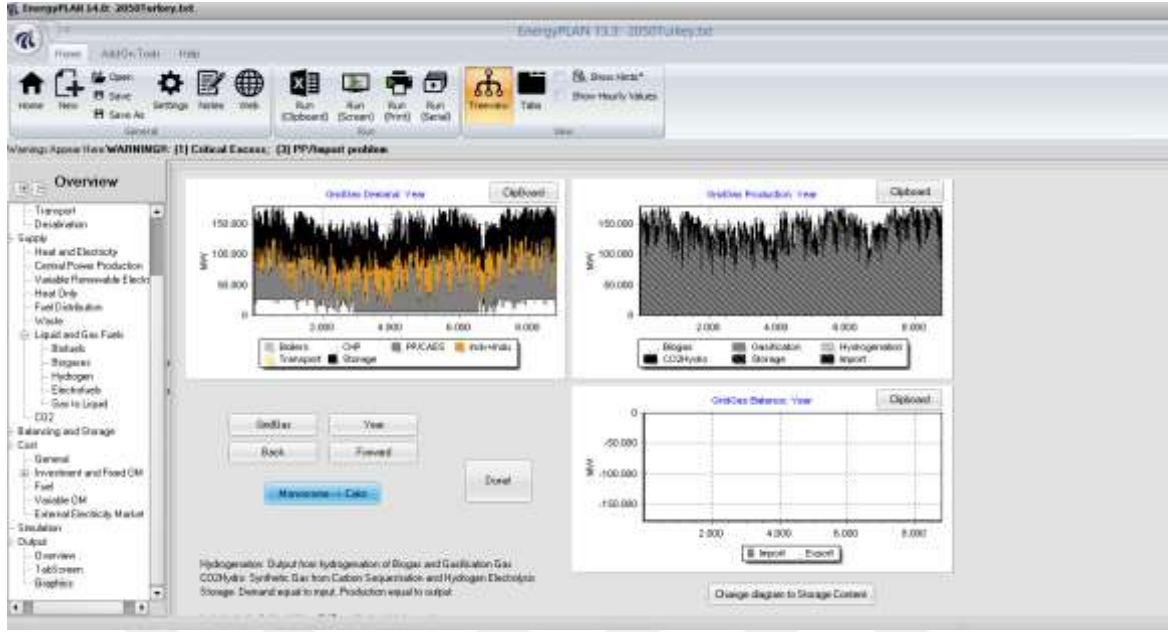
Resim 4.30. 2050 yılı yıllık bölgesel ısıtma sonuçları (Yüksek kapasite)

2030 yılı şebeke gazı için talep ağırlığı Boylelere kaymış olup düşük kapasiteli senaryoya göre eğrinin farklılaştığı görülmektedir. Burada da yine aynı şekilde miktar değişken olmasına rağmen ithalat ile denge sağlanmış görülmektedir.



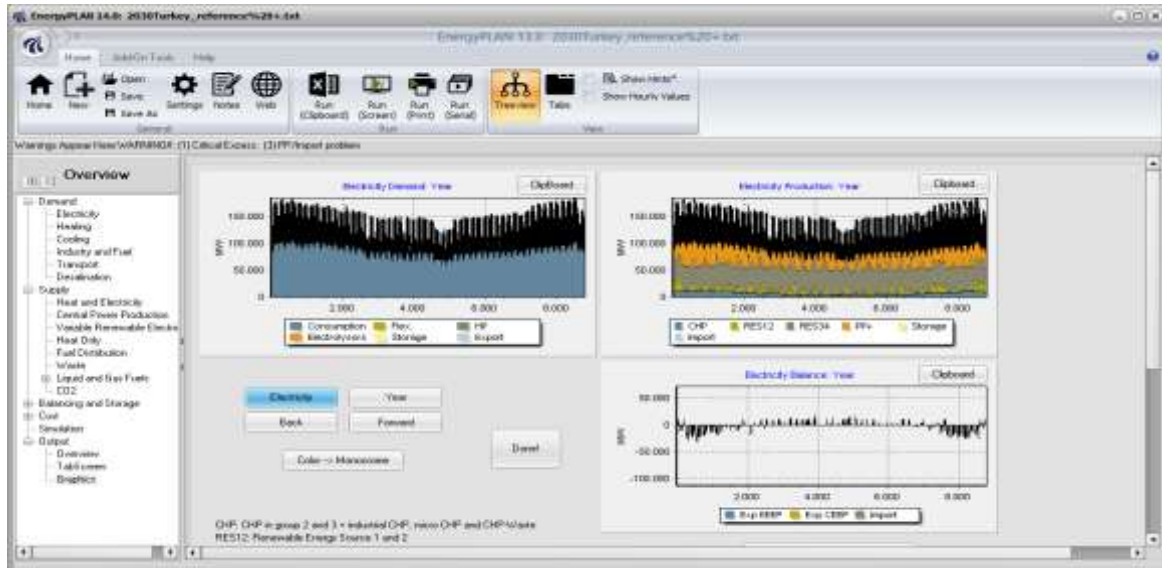
Resim 4.31. 2030 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları (Yüksek kapasite)

2050 yılı şebeke gazı için talep ağırlığı Boylelere kaymış olup düşük kapasiteli senaryoya göre eğrinin farklılaştığı görülmektedir. Burada da yine aynı şekilde miktar değişken olmasına rağmen ithalat ile denge sağlanmış görülmektedir.



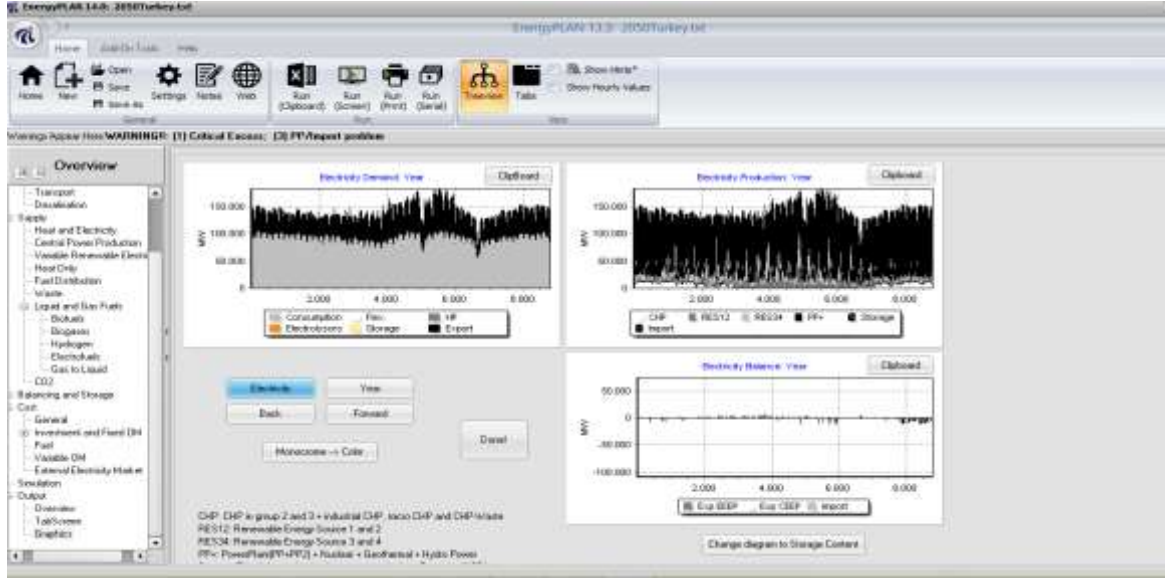
Resim 4.32. 2050 yılı şebeke gazı talep ve üretim sonuçları (Yüksek kapasite)

Bu senaryoya göre enerji dengesi elektrik üretim miktarı daha fazla olduğundan dolayı daha az ithalat ile sağlanmaktadır. Yapılan bu senaryoda, elektrik elde edilmesindeki yenilenebilir enerji kaynakları payı fosil yakıtlı kaynaklara göre daha fazla olduğundan dolayı doğalgaz ithalatının da azaldığı görülmektedir.



Resim 4.33. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları(Yüksek kapasite)

Bu senaryoya göre enerji dengesi elektrik üretim miktarı daha fazla olduğundan dolayı yaklaşık 5000 MW maksimum seviyede dolayı daha az ithalat ile sağlanmaktadır. Aynı zamanda yıllık baza baktığımızda 0,43 TWh/yıl fazla enerjinin de satıldığı görülmektedir.



Resim 4.34. 2050 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (Yüksek kapasite)

2030 ve 2050 yılı yüksek kapasite senaryoları EK-4 ve EK-11’de verildiği üzere elektrik ve yakıt dengeleri bakımından en iyi karşılama değerlerine sahiptir. 2050 yılında elektrik ve yakıt dengesinde sıfıra yakın değerler görülmekle beraber istenilen dengeye en yakın yıl ve senaryo olarak görülmüştür.

4.1.3. Simülasyon maliyet kıyaslaması

EnergyPlan yazılımı maliyet hesabını yakıt maliyetleri, CO₂ karbon ticareti birim fiyatı, 1 Mwh’lık enerji üretimi için gereken maliyetler, kurulacak tesis yatırım ve işletme maliyetleri bazında yapmaktadır [44].

Hesaplamalar her bileşen için aşağıda rüzgâr örneğindeki tanım ve formülasyonlarda olduğu gibidir.

$P_{Unit-Rüzgâr}$ = Birim fiyat başına

$n_{Rüzgâr}$ = Yatırım ömrü

$P_{FOC-Rüzgâr}$ = Toplam yatırım yüzdesi olarak sabit yıllık işletme maliyetleri

Tüm hesaplamalar için ortak:

i = sosyo-ekonomik değerlendirme için kullanılan hesaplama faizi (gerçek faiz)

Yatırım Maliyeti sekme sayfasında model, üretim birimleri için girdi kapasitesi özelliklerini özetler ve birim fiyatları, ömürleri ve sabit işletme ve bakım maliyetleri eklenebilir.

Ayrıca, tüm hesaplama için bir faiz oranı girilmelidir. Her üretim biriminin toplam yatırımı (I) basitçe şu şekilde hesaplanır:

$$I \text{ Rüzgâr} = C \text{ Rüzgâr} * P_{\text{Unit}} - \text{Rüzgâr}$$

Model daha sonra yatırım maliyetleri ve sabit işletme ve bakım maliyetlerine bölünmüş her bir bileşenin yıllık maliyetlerini hesaplar.

Yıllık maliyetler, AYatırım, aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$AYatırımRüzgâr = I \text{ Rüzgâr} * i / [1 - (1 + i)^{-n}]$$

- I Rüzgâr, birim sayısı ile maliyet biriminin (birim başına MTRY) çarpılmasıyla bulunan yatırım maliyetleridir. Birim, her bileşen için gösterilir. Örneğin, büyük KIGS'nin birimi MW'tır ve sonuç olarak maliyet milyon TL/MW olarak verilmiştir. n yıl olarak verilen ömür, i faizdir.

Yıllık sabit işletme maliyetleri, AFOC, aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$AFOCRüzgâr = PFOCRüzgâr * I \text{ Rüzgâr}$$

PFOC, yatırım maliyetinin yüzdesi olarak verilen yıllık sabit işletme ve bakım maliyetleridir [45].

2030 yılı Teknik ve Market simülasyonu seçilerek yapılan 2 ayrı kıyaslama sonucuna göre Market simülasyonu yıllık maliyeti 64,6 Milyar TL, Teknik simülasyon yıllık maliyeti 95,5 Milyar TL olarak görülmektedir. Buna göre market simülasyonu %32 daha uygun görünmektedir.

Stratejiye göre teknik simülasyonda bölgesel ısıtma boylerleri ihmal edilirken market simülasyonunda dahil edilmiştir. Buna bağlı olarak üretilen elektrik miktarı farklılaşmakla beraber bu maliyet farkını beraberinde getirmektedir. Bu noktada bölgesel ısıtma faktörlerinin oluşturduğu fark çarpıcı bir şekilde görülmektedir. Enerjinin verimli kullanılması ve tasarrufuna ilişkin hükümet politikalarının gerçekçi olarak uygulanabilmesi için bir diğer faktör de bölgesel ısıtma teknolojileri kullanılarak hem fosil yakıt olduğundan CO₂ emisyonlarının azaltılması hem de ithal kaynaklar olduğundan cari açığı kapatacak önemli bir unsurdur. Örnek olarak, çok katlı apartman dairelerinde kullanılan

doğalgaz, her dairede bir kombi olacak şekilde değil de tüm apartmanın ortak bir doğalgaz kazanı olarak uygulandığı takdirde yapılacak enerji tasarrufu ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Bu uygulama da mini ölçekli bir bölgesel ısıtma örneğidir.

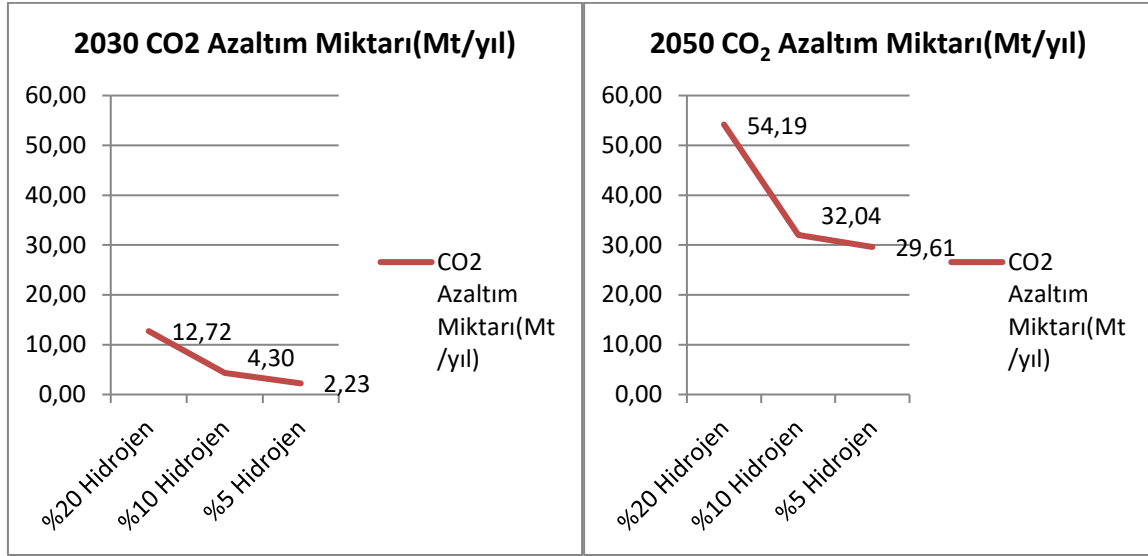
2050 yılı Teknik ve Market simülasyonu seçilerek yapılan 2 ayrı kıyaslama sonucuna göre Market simülasyonu yıllık maliyeti 178,7 Milyar TL, Teknik simülasyon yıllık maliyeti 182,3 Milyar TL olarak görülmektedir. Buna göre market simülasyonu %1,97 daha uygun görünmektedir. 2030 yılına göre buradaki miktar artışı 2050 yılı şartları ve tahmini fiyatları göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır.

4.1.4. Hidrojen senaryoları

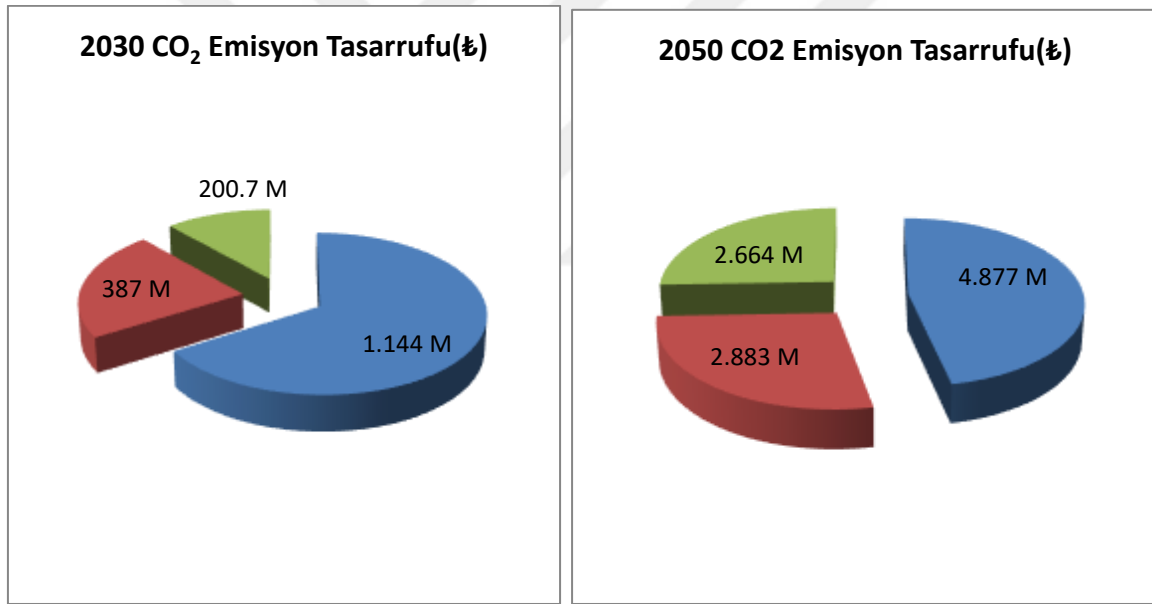
Hidrojen senaryoları EnergyPLAN uygulamasında şebekeye %5, %10 ve %20 oranında Hidrojen gazının doğalgaz ile hacimce karıştırma simülasyonları yapılmıştır. Mevcut toplam doğalgazın karşıladığı talepler sabit tutulup hidrojenin ilave edildiği miktar kadar eşdeğer enerjide doğalgaz miktarı azaltılmıştır. Taşımacılık için kullanılan araç adedi 1000 olarak alınmış ve araç güç tüketimi için Toyota Mirai değerleri alınmıştır [39].

2030 ve 2050 yılları hidrojen elde edilmesinde rüzgar ve güneş enerjisi sistemlerinden gelen enerji elektrolizörde kullanılacak ve buradan elde edilen hidrojen gazının kullanımı planlanmıştır. 1.000 adet araç için yıllık 0,16 TWh'lik talep oluşmaktadır. Doğalgaz %20 oranında azaltılarak %20 oranında karıştırılacak hidrojenin enerji karşılığı 68 TWh/Yıl olarak hesaba dahil edilmiştir. 2030 yılı için, CO₂ emisyonlarındaki düşüş 316,93 Mt'dan 304,21 Mt'a %4 oranında gerçekleşmektedir. CO₂ emisyonu birim fiyatı 90₺/t olarak alınmıştır [46]. Çalışmalarda ₺/\$ kuru 8,41 olarak alınmıştır.

2050 yılı doğalgaz CO₂ emisyonlarındaki düşüş 274,21 Mt'dan 263,46 Mt'a %4 oranında gerçekleşmektedir. CO₂ emisyonu birim fiyatı 200₺/t olarak alınmıştır. Buna göre; 10,75 Mt'luk CO₂ emisyon azaltılmasının ekonomik değeri 2 150 000 000 ₺ olmaktadır.

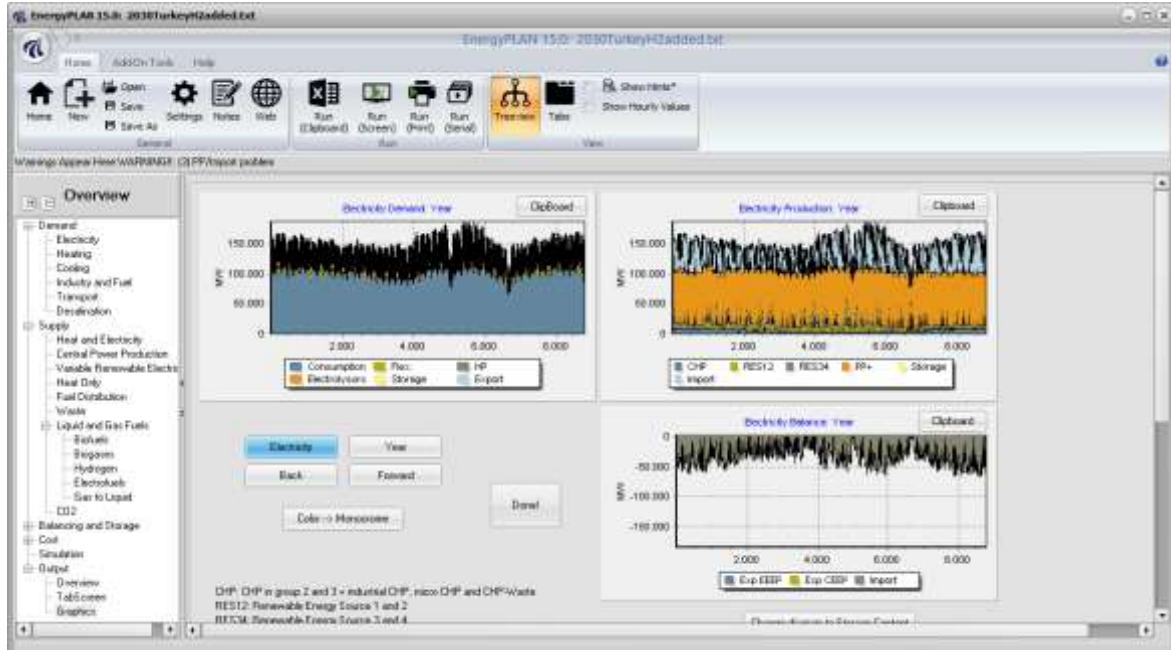


Şekil 4.1. 2030 ve 2050 CO₂ azaltım miktarı(Mt/yıl)



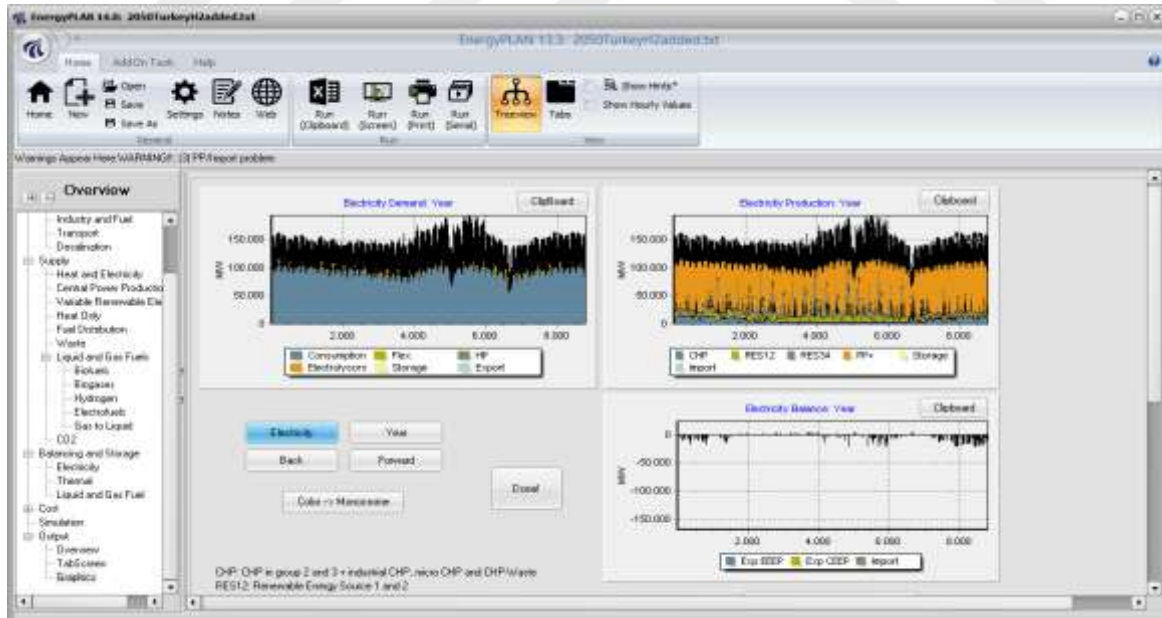
Şekil 4.2. CO₂ emisyon tasarrufları

Buna göre; 12,72 Mt'luk CO₂ emisyon azaltılmasının ekonomik değeri 1 144 800 000 ₺ olmaktadır. 2050 yılında %20 hidrojen karışımıyla doğalgazdan elde edilecek tasarruf 68 TWh/yıl olup yaklaşık 6,39 milyar m³'lük yani 1,89 TL/ m³ birim fiyattan 12 milyar ₺'lik doğalgaz tasarrufu meydana gelmektedir. Resim 4.35'te elektrik talep, üretim ve denge grafiklerinin %20 hidrojenin doğalgaza karıştırılmasıyla oluşan yıllık görünümü görülmektedir [41].



Resim 4.35. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (%20 Hidrojen karışımı)

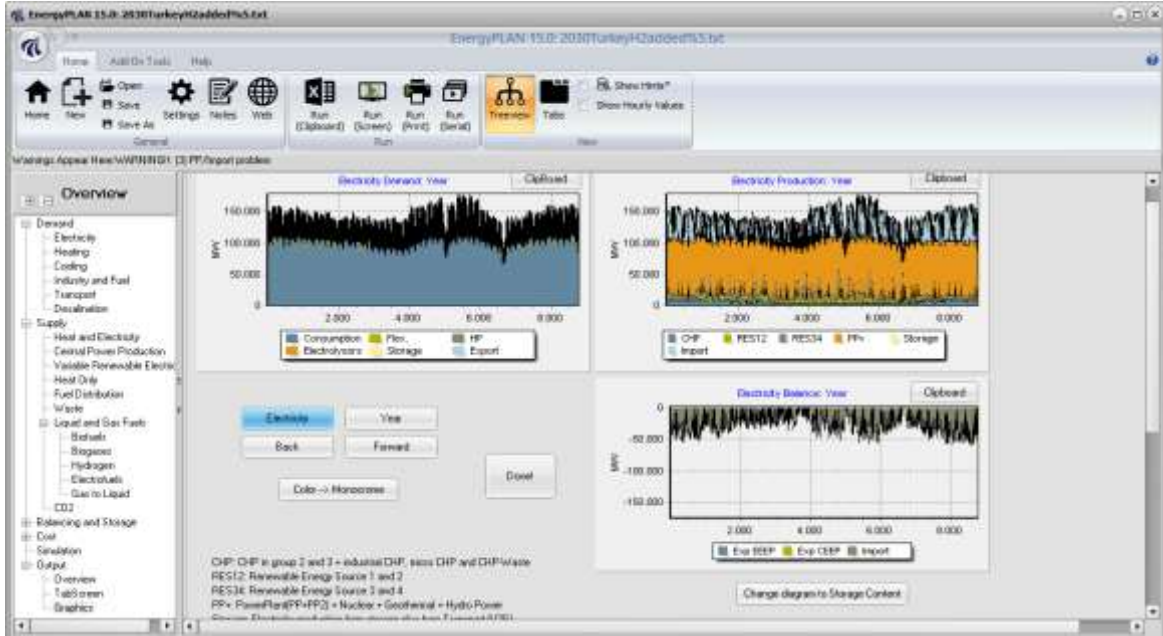
Resim 4.36'da 2050 yılı elektrik talep, üretim ve denge grafiklerinin %20 hidrojenin doğalgaza karıştırılmasıyla oluşan yıllık görünümü görülmektedir.



Resim 4.36. 2050 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (%20 Hidrojen karışımı)

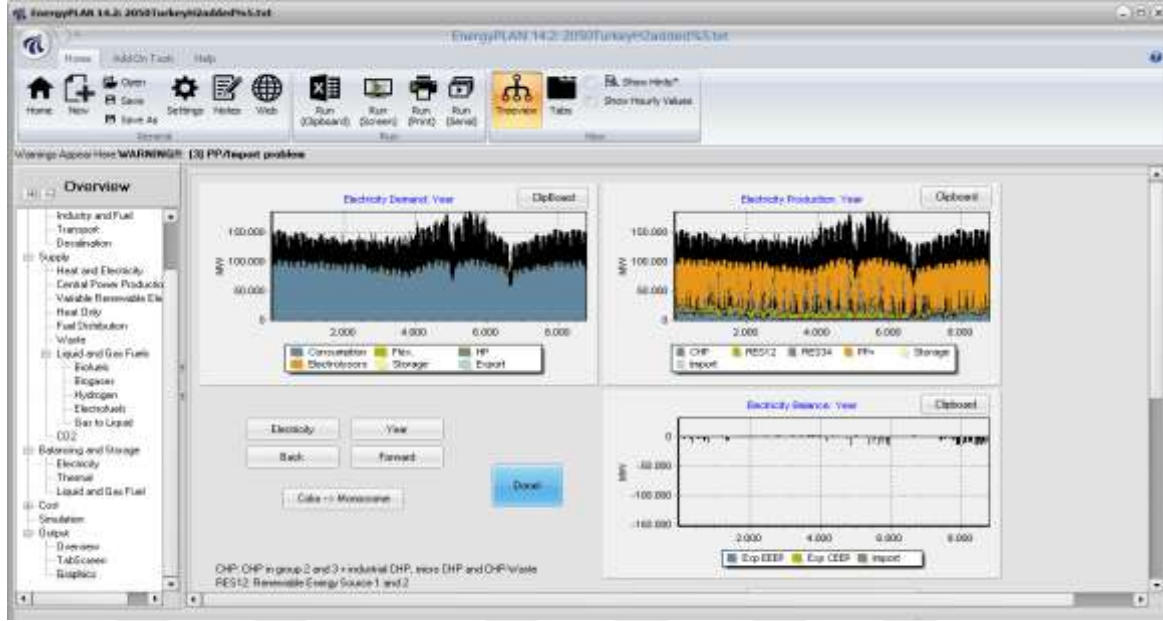
2030 yılında %5 olarak hidrojen doğalgaza katıldığında 309,49'dan 307,26 Mt'a 2,23 Mt CO₂ miktarı azalmaktadır. Bunun da ekonomik değeri 200 700 000 ₺'dir. %5'lik doğalgaz miktarı 17 TWh/yıla denk gelmekte olup 1,6 milyar m³'lük yani 1,89 TL/ m³ birim fiyattan

hesapla 3 milyar ₺'lik doğalgaz tasarrufu anlamına gelmektedir [47]. Resim 4.37'de elektrik talep, üretim ve denge grafiklerinin %5 hidrojenin doğalgaza karıştırılmasıyla oluşan yıllık görünümü görülmektedir.



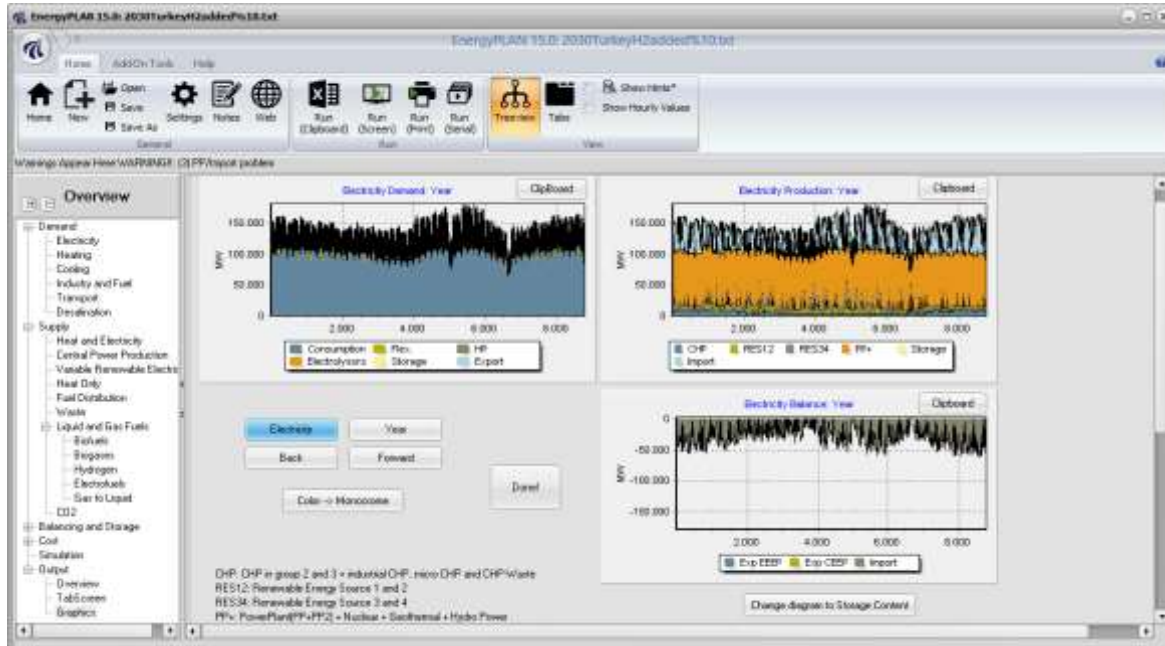
Resim 4.37. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (%5 Hidrojen karışımı)

2050 yılında %5 olarak hidrojen doğalgaza katıldığında 274,21'den 259,70 Mt'a 14,51 Mt CO₂ miktarı azalmaktadır. Bunun da ekonomik değeri 2 902 000 000 ₺'dir. Resim 4.38'de elektrik talep, üretim ve denge grafiklerinin %5 hidrojenin doğalgaza karıştırılmasıyla oluşan yıllık görünümü görülmektedir.



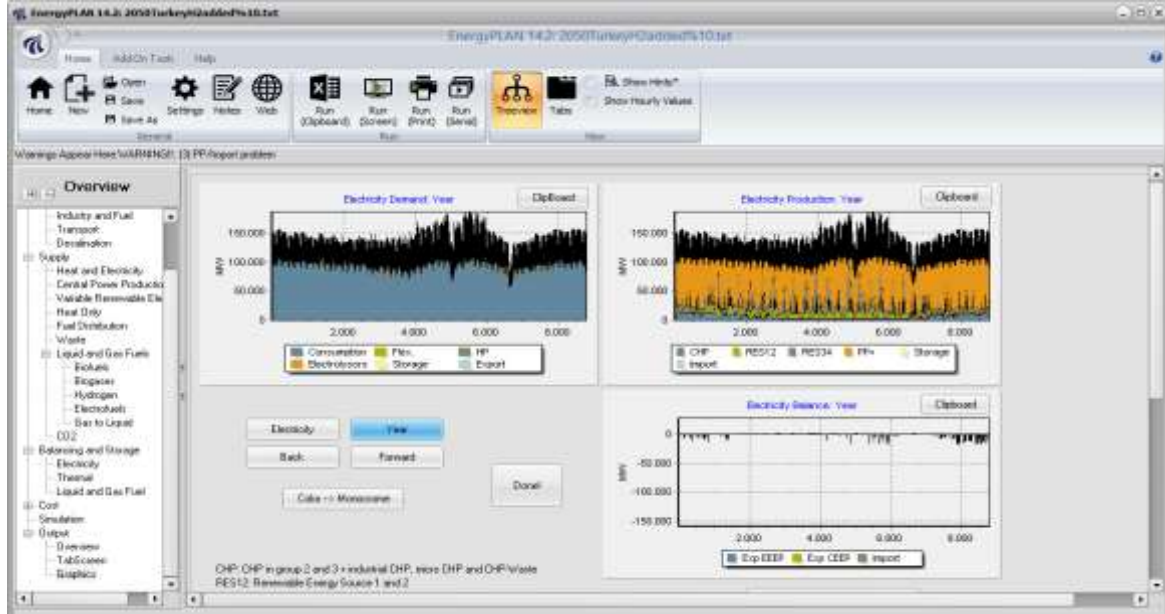
Resim 4.38. 2050 elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (%5 Hidrojen karışımı)

2030 yılında %10 olarak hidrojen doğalgaza katıldığında 309,49'dan 305,19 Mt'a 4,3 Mt CO₂ miktarı azalmaktadır. Bunun da ekonomik değeri 387 000 000 ₺'dir. Resim 4.39'da elektrik talep, üretim ve denge grafiklerinin %10 hidrojenin doğalgaza karıştırılmasıyla oluşan yıllık görünümü görülmektedir.



Resim 4.39. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (%10 Hidrojen karışımı)

2050 yılında %10 olarak hidrojen doğalgaza katıldığında 274,21'den 261,03 Mt'a 13,18 Mt CO₂ miktarı azalmaktadır. Bunun da ekonomik değeri 2 636 000 000 ₺'dir. Resim 4.40'ta elektrik talep, üretim ve denge grafiklerinin %10 hidrojenin doğalgaza karıştırılmasıyla oluşan yıllık görünümü görülmektedir [40].



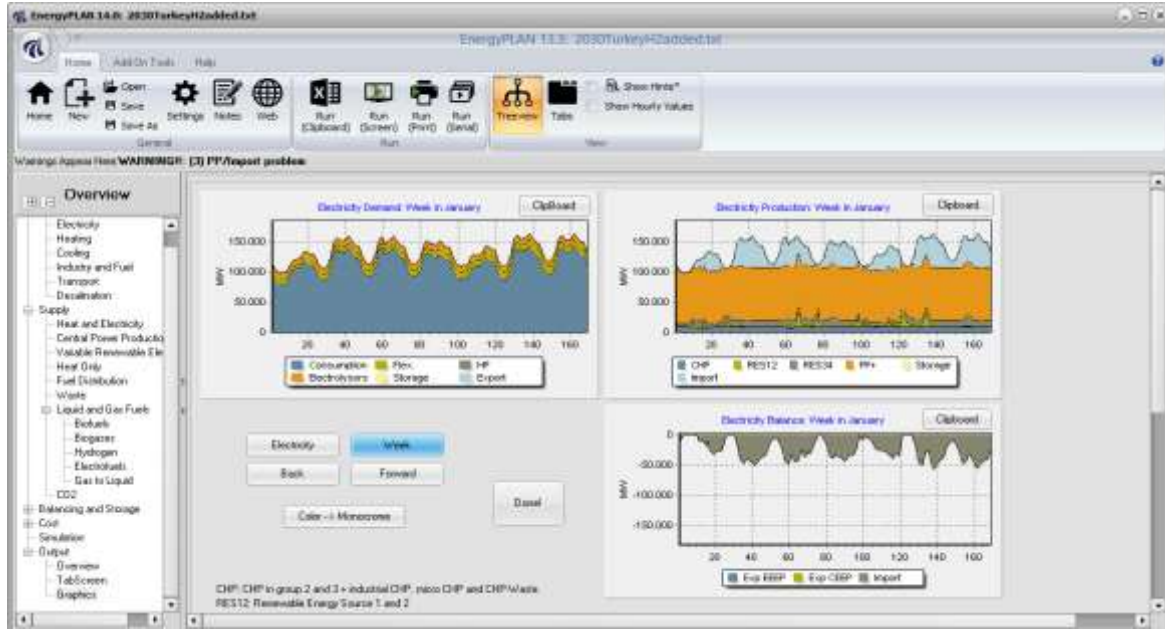
Resim 4.40. 2050 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (%10 Hidrojen karışımı)

Araç sayısı 100000 olarak değiştirilirse bu miktar için talep 16 TWh olacaktır. Hidrojen karışımı aynı oran %20 olarak kabul edilir. Doğal gazın CO₂ emisyonu 0,97 Mt artmıştır ve buna bağlı olarak talebi karşılamak için elektrik arzının 14145 MW'a çıkarılması gerekmektedir. Bu değişiklik taşıma ve elektrolizör talebinin 84,23 TWh olarak artmasına neden olmuştur.

CO₂ hidrojenasyon oranları 0,05 Mt CO₂'den 50 Mt'a ve hidrojen 1,15'ten 2,5 TWh'ye değiştiğinde, elektrolizör tüketimi 85,5 TWh'den 100,39 TWh'ye yükselmiştir. CO₂ emisyonunda yaklaşık olarak değişen bir şey olmamıştır, ancak ithalat kapasitesi artırılmıştır.

Kömür, petrol ve mikro CHP tedariki için CHP'ye yakıt dağıtımını 0 olarak seçildiğinde CO₂ emisyonunu 0,7 Mt azalmıştır. Elektrolizörler vasıtasıyla üretilen hidrojen, kazan ve CHP'de yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu durum Şekil 4.41'de örnek olarak Ocak ayı için

gösterilmektedir. Elektrolizör talebinin kazan ve CHP elektrik üretimleri ile karşılandığı görülmektedir.



Resim 4.41. 2030 yılı elektrik talep, üretim ve denge sonuçları (%20 Hidrojen karışımı)

5. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

5.1. Değerlendirme

Yapılan bu çalışmada, enerji çeşitliliği açısından Türkiye'nin 2030 ve 2050 enerji projeksiyonları EnergyPLAN uygulamasıyla irdelenmiştir. 2030 ve 2050 yılı öngörülerine göre yapılan simülasyonlarda Market ve Teknik simülasyon arasındaki farklılıklara değinilmiştir. EK-1 ve EK-2'de yer alan teknik ve market simülasyon sonuç raporlarına göre, market simülasyonda CO₂ emisyonu 805,49 Mt iken teknik simülasyonda 791,1 Mt olarak gerçekleşmiştir. Market simülasyonu toplam değişken maliyeti 64,6 Milyar TL, teknik simülasyon toplam değişken maliyeti 95,5 Milyar TL olarak görülmektedir. Ayrıca Teknik simülasyonda 2030 ve 2050 yıllarının %20 düşük ve %20 yüksek kapasiteye sahip kurulu güçleri senaryoları ele alınmıştır.

2030 yılı projeksiyonu EK-1'de yer alan teknik simülasyon sonuç raporuna göre bölgesel ısıtma üretiminin bazı aylarda düşük seyrettiği ve talebi karşılayamadığı görülmektedir. Rapor üzerinden doğalgaz ve elektrik taleplerinin karşılandığı görülse de özellikle doğalgazda ithalat göze çarpmaktadır. Üretilecek miktar ithalat yoluyla sağlanmaktadır. Doğalgazın yerine kullanılabilecek seçeneklere baktığımızda güneş enerjisi, elektrik enerjisi, kömür termik enerjisi ya da ithal doğalgaz yerine yerli doğalgaz ya da kaya gazı bulunup üretime alınması öne çıkmaktadır. Kömür, filtre kullanmaksızın çevreye ve insan sağlığına zararlı olduğu için pek tercih edilmemektedir. Elektrik enerjisi ısıl güç elde etmede fosil yakıtlara göre daha pahalıya gelmektedir. Yerli doğalgaz ya da kaya gazı seçeneğine baktığımızda da bulunması ve çıkarılması yıllar süren bir süreç olup sürekliliğinin garanti olmaması bu seçeneğin de en azından 2030 yılı için tüm doğalgaz ithalat sorunumuzu çözmeyecektir.

Güneş enerjisi ile bölgesel ısıtma ve soğutma, Avrupa'da Almanya ve Danimarka'da iyi çalışan örneklerle sahiptir. Özellikle Danimarka Vojens ve Marstal kasabalarında 50 ve 24 MW'lık güneş santralleri vasıtasıyla güneş enerji destekli bölgesel ısıtma sistemleri mevcuttur.

Akıllı enerji sistemlerini, elektrik, doğalgaz ve termal enerji kaynaklarının kullanımını optimize eden sistemler olarak kısaca tanımlamak mümkündür. Bu üç enerji kaynağını tekil olarak ayrı ayrı kullanmaktansa birbirlerine enerji dönüşümü yapılarak kullanmak mümkündür. Bu sayede enerji marketlerindeki arz-talep dengesizlikleri de yönetilebilir hale gelecektir. Yenilenebilir enerjiden üretilecek talep fazlası elektrik, rezistans ve ısı pompaları vasıtasıyla ısıya dönüştürülüp depolanabilmektedir. Isıdan elektriğe de ısı motoru, buhar ve gaz türbini ile Organik Rankine Çevrim (ORC) makineleriyle mümkündür. Isı deposu olarak da su ve eriyik tuz yaygın olarak kullanılan maddelerdir. Örneğin; elektrik enerjisi Carnot Bataryaları sistemiyle ısı enerjisine dönüştürülüp depolanabilir ve ihtiyaç halinde ısıdan tekrar elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Bu nedenle daha yönetilebilir bir şekilde elektrik fazlası ısıya dönüştürülüp depolanabilmektedir.

%20 yüksek kapasite senaryosuyla üretim fazlalıkları göze çarpmakla beraber %20 düşük kapasite senaryosu da ihtiyaçları tam karşılayamadığı görülmüştür.

2050 yılı projeksiyonuna göre en iyi karşılama miktarlarının %20 fazla kapasite senaryosunda olduğu görülmektedir. İncelenen bölgesel ısıtma, şebeke gazı ve elektrik yıllık arz-talep grafiklerinde ihtiyacın karşılandığı görülmektedir. Nükleer enerji, kömürün gazlaştırılması gibi yeni enerji türleri de ilave edildiğinden enerji çeşitliliği açısından daha zengin bir dönem olduğu görülmektedir.

%20 düşük kapasite senaryosunda, 2050 yılı ihtiyaçlarını karşılayamadığı görülmektedir. Dolayısıyla devam eden ve projelendirilen farklı sayı, çeşit ve kapasitedeki santrallerin desteklenmesiyle artacak bu enerji ihtiyacımıza karşı sürdürülebilir ve güvenli enerji tedariği sağlanabilecektir.

2030 yılına kadar ülkemizin ortaya koyacağı hidrojen enerjisi performansı bu teknolojinin geleceğinde rol alıp alamayabileceğimizi gösterecektir. 2030 yılına kadar 1.000 adet hidrojen yakıt hücresi araç ve %5 oranında doğalgaza karıştırılma durumunda sadece CO₂ miktar azalmasından 200 700 000 ₺ tasarruf elde edilecek ve yaklaşık 1,6 milyar m³'lük yani 3 milyar ₺'lik doğalgaz tasarrufu anlamına gelmektedir.

%20 oranında doğalgaza karıştırılma durumunda sadece CO₂ miktar azalmasından 1 144 800 000 ₺ tasarruf elde edilecek ve yaklaşık 6,39 milyar m³'lük yani 12 milyar ₺ 'lik doğalgaz tasarrufu anlamına gelmektedir.

2050 yılına kadar 10000 adet hidrojen yakıt hücreli araç ve %5 oranında doğalgaza karıştırılma durumunda sadece CO₂ miktar azalmasından 2 902 000 000 ₺ tasarruf elde edilecektir. %20 oranında doğalgaza karıştırılma durumunda sadece CO₂ miktar azalmasından 2 150 000 000 ₺ tasarruf elde edilecektir. Hidrojen oranı yükseldikçe emisyon oran ve tutarının azalması beklenir. Ancak hidrojeni doğalgaz ile karıştırdığımızdan doğalgaz miktarı azaltılmış olup toplam enerji talebinin karşılanamadığı durumda kömür yakıt tüketimi artırılmıştır. Kömürün CO₂ emisyonu daha yüksek olduğu için bu bağlamda uygun görünmemektedir. Simülasyon sonuç raporlarındaki toplam değişken maliyete bakıldığında 2030 yılında 95,5 milyar ₺ iken 2050 yılında 178 milyar ₺ olduğu görülmektedir.

5.2. Öneriler

2050 yılı için öngörülen yeni teknolojilerden birisi de kömürün gazlaştırılarak kullanılmasıdır. Kömür oranındaki artış, bu faktör düşünülerek konulmuştur. Bu sayede kömürün partikül seviyesi çok daha düşük halde kullanılması sağlanacaktır. Ülkemizde mevcut durumda, zor şartlarda insan emeğiyle çıkarıldığı göz önüne alındığında yeraltı f-gazlaştırma ile kömürün önümüzdeki yıllarda bu şekilde değerlendirilmesi maddi, çevresel ve sosyal yönden de çok etkili olacaktır.

2030 yılı için öngörülen rakamlara ek olarak, ülkemiz için yeni ancak enerji çeşitliliği için gerekli olan çalışmada hesaplamada yer verilmeyen kıyı gelgit enerjisi santrali kurularak ek kapasite sağlanabilir. Ayrıca bu şekilde yenilenebilir enerjinin payı da artırılmış olacaktır.

Çalışmanın farklı versiyonları denenerek farklı oranlardaki yakıt tüketimleri, çalışmada yer almayan dalga enerjisi, gelgit enerjisi, denizüstü rüzgâr enerjisi gibi farklı enerji türleri, teknik ve market simülasyonun seçilebilen diğer opsiyonlarının farklı kombinasyonlarla yapılacak strateji seçimleri ve tez metni içerisinde bahsedilen senaryolar dışındaki enerji ve kapasite dengeleme senaryoları değiştirilerek bu çalışmanın daha da üzerine konulabilir ya da farklı açılardan bakılarak daha kapsamlı bir değerlendirme yapma imkanı olabilecektir.

Bir diğ er husus biyogaz ve jeotermal enerjiden istifade edilme oranının artırılmasıdır. Ülkemiz bu enerji türleri bakımından zengin bir ülkedir. Doğru şehirsel planlama ve bölgesel ısıtma projeleriyle bölge ve ülke enerji ihtiyaçlarının karşılanması doğrultusunda çok önemli katkı sağlayacaklardır.

Güneş enerjisinin yaygınlaştırılmasıyla meskenler de dahil birçok santral ve işletmenin faydalanmasıyla ortaya çıkan bu ısı talebi karşılanabilir. Özellikle merkezi apartman fotovoltaiik panellerinin uygulanmasıyla da ısınma için elektrik enerjisinin güneş enerjisinden elde edilmesi mümkün olabilecektir. Bu da PVT teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak ilerleyecek ve aynı zamanda piyasanın da kabul etmesi ile şekillenecek bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda hızla yaygınlaşan PV teknolojileri yerine özellikle çatı tipi uygulamalarda PVT sistemlerinin desteklenmesi hem kullanım sıcak suyunun da üretilmesini hem de PV sistemlerindeki ısınmaya bağlı verim kaybının önlenmesini sağlayacaktır.

Ülkemizin güneşlenme süresinin bahsedilen Almanya ve Danimarka gibi kuzey ülkelerinden çok daha fazla olduğu göz önüne alındığında güneş enerji santralleri ve bunların bölgesel ısıtma-soğutma sistemlerinde kullanılması durumunda sadece ülkemiz kaynaklarını verimli kullanmakla kalmayıp ayrıca enerji girdisi olarak ithal edilen fosil yakıtların miktarlarını da önemli ölçüde azaltmamızı sağlayacaktır. Bu da d rd nce nesil bölgesel ısıtma sistemlerine yatırım yapılmasının zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Ülkemizde bölgesel ısıtma kullanılabilecek tüm ekipmanların know-how'larının elde edilmesi ya da Ar-Ge faaliyetleri ile desteklenmesi bu nedenle hayati öneme sahiptir. Bu kapsamda kaynağın olması yeterli olmayacaktır ve alt teknolojilerinde yazılım dahil ülkemizde yapılması gerekmektedir.

Hidrojen teknolojisi ülkemiz için her ne kadar yeni bir teknoloji olsa da ülke potansiyeli ve stratejik hedeflerimiz bakımından elektrik enerjisini depolayıp d n şt rebileceğimiz bir araç olarak kullanılabilecektir. Özellikle yeşil hidrojen teknolojileri ve akıllı şehirler konsepti ülke çıkarları göz önünde bulundurulurken uzun vadeli enerji politikası olarak önerilmeli ve yönetimlerden bağımsız olarak sürdürülebilir bir formatta hayata geçirilmelidir.

Sürdürülebilir gelecek bugünden alınan tedbirlerle mümkündür.

KAYNAKLAR

1. Lund, H. (2014). *Renewable Energy Systems. A Smart Energy Systems Approach to the Choice and Modeling of 100% Renewable Solutions Second Edition*, Academic Press
2. Dominković, D.F., Bačkovski, I., Čosić, B., Krajačić, G., Pukšec, T., Duić, N., and Markovska, N. (2016). Zero carbon energy system of South East Europe in 2050, *Applied Energy*, 184, 1517-1528.
3. Child, M., and Breyer, C. (2016). Vision and initial feasibility analysis of a recarbonised Finnish energy system for 2050, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66, 517-536, ISSN1364-0321.
4. Østergaard, P.A. (2015). Reviewing EnergyPLAN simulations and performance indicator applications in EnergyPLAN simulations, *Applied Energy*, 154, 921-933.
5. Fernandes, L., and Ferreira, P., (2014). Renewable energy scenarios in the Portuguese electricity system, *Energy*, 69, 51-57.
6. Čosić, B., Krajačić, G., and Duić, N., (2012). A 100% renewable energy system in the year 2050: The case of Macedonia, *Energy*, 48 (1), 80-87.
7. Porubova, J., and Bazbauers, G. (2010). Analysis of Long-Term Plan for Energy Supply System for Latvia that is 100% Based on the Use of Local Energy Resources. *Environmental and Climate Technologies*, 4(-1), 82-90.
8. Connolly, D., Lund, H., Mathiesen, B.V., and Leahy, M. (2011). The first step towards a 100% renewable energy-system for Ireland, *Applied Energy*, 88(2), 502-507.
9. Lund, H., and Münster, E. (2003). Modelling of energy systems with a high percentage of KIGS and wind power, *Renewable Energy*, 28 (14), 2179-2193.
10. Lund, H., and Clark, W.W., (2002) Management of fluctuations in wind power and KIGS comparing two possible Danish strategies, *Energy*, 27 (5), 471-483.
11. Lund, H., and Kempton, W., (2008). Integration of renewable energy into the transport and electricity sectors through V2G. *Energy Policy*, 36 (9), 3578-3587.
12. Lund, H. (2006). Large-scale integration of optimal combinations of PV, wind and wave power into the electricity supply, *Renewable Energy*, 31 (4), 503-515.
13. Meiere, I., and Bažbauers, G. (2011). Sustainability Analysis of Innovative Transport System. *Environmental and Climate Technologies*. 6, 63-68.
14. Bonati, A., De Luca, G., Fabozzi, S., Massarotti, N., and Vanoli, L. (2019). The integration of exergy criterion in energy planning analysis for 100% renewable system, *Energy*, 174, 749-767.
15. Pupo-Roncallo, O., Campillo, J., Ingham, D., Hughes, K., and Pourkashanian, M. (2019). Large scale integration of renewable energy sources (RES) in the future Colombian energy system, *Energy*, 186, 115-805.

16. Dranka, G.G., and Ferreira, P. (2018). Planning for a renewable future in the Brazilian power system, *Energy*, 164, 496-511.
17. Wang, K., Chen, S., Liu, L., Zhu, T., and Gan, Z. (2018). Enhancement of renewable energy penetration through energy storage technologies in a KIGS-based energy system for Chongming, China, *Energy*, 162, 988-1002.
18. Dorotić, H., Doračić, B., Dobravec, V., Pukšec, T., Krajačić, G., and Duić, N., (2019) Integration of transport and energy sectors in island communities with 100% intermittent renewable energy sources, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 99, 109-124.
19. Sáfián, F. (2014). Modelling the Hungarian energy system – The first step towards sustainable energy planning, *Energy*, 69, 58-66.
20. Bjelić, I.B., and Rajaković, N. (2015). Simulation-based optimization of sustainable national energy systems, *Energy*, 91, 1087-1098.
21. Askeland, K., Bozhkova, K.N., and Sorknaes, P. (2019). Balancing Europe: Can district heating affect the flexibility potential of Norwegian hydropower resources?, *Renewable Energy*, 141, 646-656.
22. Novosel, T., Čosić, B., Pukšec, T., Krajačić, G., Duić, N., Mathiesen, B.V., Lund, H., and Mustafa, M., (2015). Integration of renewables and reverse osmosis desalination, Case study for the Jordanian energy system with a high share of wind and photovoltaics, *Energy*, 92 (3), 270-278.
23. Child, M., and Nordling, A., (2017). Scenarios for a sustainable energy system in the Åland Islands in 2030. *Energy Conversion and Management*. 137, 49-60.
24. Bahadır, İ. (2020). *Uzun Dönemli Enerji Planlaması İçin Elektrik Üretim Senaryolarının Oluşturulması ve Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 38-48.
25. TEİAŞ (2019), 2019 yılı Kurulu Güç Raporu.
26. İnternet: Jeotermal Enerji Santralleri. URL: <https://www.enerjiatlası.com/jeotermal/>, Son Erişim Tarihi : 09.08.2021.
27. Türkyılmaz, ve O., Bayrak, Y. (2020). *Türkiye'nin Enerji Görünümü 2020*, Elektrik Üretimi: Mevcut Durum ve Analizi, 71-76.
28. Özgür, E. (2020). *Türkiye'nin Enerji Görünümü 2020*, Türkiye'de Güneş Enerjisi, 297-304.
29. İnternet: IEA Renewables Information (2020). URL: https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/renewables-statistics,https://iea.blob.core.windows.net/assets/a1bd577e-14d0-4d4c-8b01-4e20ae1ded07/REN_Documentation1.pdf, Son Erişim Tarihi: 20.04.2021.

30. İnternet: IEA CO₂ Emissions from Fuel Combustion (2021). URL: <https://www.iea.org/subscribe-to-data-services/co2-emissions-statistics>, https://iea.blob.core.windows.net/assets/474cf91a-636b-4fde-b416-56064e0c7042/WorldCO2_Documentation.pdf, Son Erişim Tarihi: 21.04.2021.
31. Tamzok, N., (2020). *Türkiye'nin Enerji Görünümü 2020*, Dünyada ve Türkiye'de Kömür-2019, 230-234.
32. İnternet: Current State of Hydrogen Projects in Turkey, URL: <https://cms.law/en/int/expert-guides/cms-expert-guide-to-hydrogen/turkey>, Son Erişim Tarihi: 10.03.2021.
33. İnternet: Doğalgaz ve Petrol Boru Hatları Haritası, URL: <https://www.botas.gov.tr/Sayfa/dogal-gaz-ve-petrol-boru-hatlari-haritasi/168>, Son Erişim Tarihi: 01.08.2021.
34. İllez, B. (2020). *Türkiye'nin Enerji Görünümü 2020*, Türkiye'de Biyokütle Enerjisi, 330-340.
35. Lund, H., Thellufsen, J.Z., Østergaard, P.A., Sorknæs, P., Skov, I.R., and Mathiesen, B.V., (2021). *EnergyPLAN – Advanced analysis of smart energy systems Smart Energy*, 1, 100007.
36. İnternet: 100 MWe'den Büyük Yapım Aşamasındaki HES'ler, URL: <https://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/>, Son Erişim Tarihi: 08.08.2021.
37. Yeldan, E., Voyvoda, E., Berke, M.Ö., Şahin, Ü., ve Gacal, F., (2015). *Türkiye için Düşük Karbonlu Kalkınma Yolları ve Öncelikleri*, WWF Türkiye-Sabancı Üniversitesi İstanbul Politikalar Merkezi, 8-40.
38. İnternet: *2018 Yılı Genel Enerji Denge Tablosu*, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, URL: <https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-denge-tablolari>, Son Erişim Tarihi: 29.07.2021.
39. İnternet: Download Weather Archive, URL: https://rp5.ru/Weather_archive_in_Ankara, Son Erişim Tarihi: 22.03.2020.
40. İnternet: Toyota Mirai Powertrain, Web: https://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Mirai, Son Erişim Tarihi: 10.03.2021.
41. Amil C., Yılmaoğlu M.Z., *The importance of hydrogen in terms of energy diversity for Turkey's energy projection*, Paper presented at 5th International Hydrogen technologies Congress, IHTEC-2021.
42. Bažbauers, G., Cimdiņa, G. (2011). The Role of the Latvian District Heating System in the Development of Sustainable Energy Supply. *Environmental and Climate Technologies*.7, 27-31. URL: <https://ortus.rtu.lv/science/en/publications/12404>, Son Erişim Tarihi: 15.06.2021.
43. Mathiesen, B. V., Hansen, K., Ridjan, I., Lund, H., & Nielsen, S. (2015). *Samsø Energy Vision 2030: Converting Samsø to 100% Renewable Energy*. Department of Development and Planning, Aalborg University.

44. Lund, H. (2018). Renewable Heating Strategies and their Consequences for Storage and Grid Infrastructures Comparing a Smart Grid to a Smart Energy Systems Approach, *Energy*, 30-50.
45. Lund, H. (2003). Excess electricity diagrams and the integration of renewable energy, *International Journal of Sustainable Energy*, 23:4, 149-156.
46. İnternet: Türkiye Enerji Vergilendirmesi, 222-223, URL: https://read.oecd-ilibrary.org/taxation/taxing-energy-use/turkey_9789264183933-36-en#page5, Son Erişim Tarihi: 08.08.2021.
47. İnternet: İgdaş Ağustos ayı perakende satış bedeli, URL: <https://www.igdas.istanbul/perakende-satis>, Son Erişim Tarihi: 03.08.2021.





EKLER

EK-1. 2030 Türkiye Projeksiyon Alternatif-1 Teknik Simülasyon

Input 2030Turkey_reference.txt										The EnergyPLAN model 14.1																					
Electricity demand (TWh/year):		Flexible demand 20,00		Capacities		Efficiencies		Regulation Strategy:		Technical regulation no. 2		Fuel Price level: Basic		Capacities Storage Efficiencies																	
Fixed demand 996,00		Fixed impl/exp. 20,00		MW-e		elec. Ther		CEEP regulation		100000000		MW-e		MW-e elec. Ther.																	
Electric heating + HP 35,75		Transportation 6,00		0		0,40 0,50		Minimum Stabilisation share		0,30		Minimum CHP gr 3 load 2905		MW																	
Electric cooling 5,00		Total 1082,75		0		0		Stabilisation share of CHP		0,00		Hydro Pump: 1000		5 0,80																	
District heating (TWh/year)		Gr.1 Gr.2 Gr.3 Sum		Group 2:		Group 3:		Minimum CHP gr 3 load 2905		MW		Hydro Turbine: 1000		0 0,90																	
District heating demand 0,00 0,00 70,00 70,00		CHP 8300 10375 0,40 0,50		Heat Pump 0 0 3,00		Boiler 0 0 0,90		Minimum PP 12204		MW		Electrol. Gr.2: 0		0 0,80 0,10																	
Solar Thermal 0,00 0,00 0,00 0,00		Heat Pump 0 0 3,00		Boiler 0 0 0,90		Condensing 34870 0,45		Maximum import/export 10000		MW		Electrol. Gr.3: 0		0 0 0,80 0,10																	
Industrial CHP (CSHP) 0,00 0,00 0,00 0,00		Heat Pump 0 0 3,00		Boiler 0 0 0,90		Condensing 34870 0,45		Distr. Name: Hour_nordpool.txt		0,00		Ely. MicroCHP: 0		0 0 0,80																	
Demand after solar and CSHP 0,00 0,00 70,00 70,00		Heat storage: gr.2: 0 GWh gr.3: 0 GWh		Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent gr.3: 0,0 Per cent		Electricity prod. from: 0,00 CSHP Waste (TWh/year) Gr.1: 109 2558 3221 0 1251		Addition factor 0,00		TRY/MWh		CAES fuel ratio: 0,00		Nuclear Biomass																	
Wind 22000 MW 58,23 TWh/year 0,00 Grid		Heats storage: gr.2: 0 GWh gr.3: 0 GWh		Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent gr.3: 0,0 Per cent		Electricity prod. from: 0,00 CSHP Waste (TWh/year) Gr.1: 109 2558 3221 0 1251		Multiplication factor 2,00		TRY/MWh		(TWh/year)		Coal Oil Gas Biomass																	
Photo Voltaic 5000 MW 7,59 TWh/year 0,00 station		Heats storage: gr.2: 0 GWh gr.3: 0 GWh		Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent gr.3: 0,0 Per cent		Electricity prod. from: 0,00 CSHP Waste (TWh/year) Gr.1: 109 2558 3221 0 1251		Dependency factor 0,00		TRY/MWh pr. MW		Transport 0,00		0,00 525,00 3,00 0,00																	
Offshore Wind 0 MW 0 TWh/year 0,00 stable		Heats storage: gr.2: 0 GWh gr.3: 0 GWh		Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent gr.3: 0,0 Per cent		Electricity prod. from: 0,00 CSHP Waste (TWh/year) Gr.1: 109 2558 3221 0 1251		Average Market Price 227		TRY/MWh		Household 40,00		3,00 150,00 41,00																	
River Hydro 35000 MW 86,58 TWh/year 0,00 share		Heats storage: gr.2: 0 GWh gr.3: 0 GWh		Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent gr.3: 0,0 Per cent		Electricity prod. from: 0,00 CSHP Waste (TWh/year) Gr.1: 109 2558 3221 0 1251		Gas Storage 0		GWh		Industry 100,00		60,00 160,00 10,00																	
Hydro Power 35000 MW 50,4 TWh/year 0,00		Heats storage: gr.2: 0 GWh gr.3: 0 GWh		Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent gr.3: 0,0 Per cent		Electricity prod. from: 0,00 CSHP Waste (TWh/year) Gr.1: 109 2558 3221 0 1251		Syngas capacity 0		MW		Various 140,00		35,00 180,00 3,00																	
Geothermal/Nuclear 8300 MW 58 TWh/year 0,00		Heats storage: gr.2: 0 GWh gr.3: 0 GWh		Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent gr.3: 0,0 Per cent		Electricity prod. from: 0,00 CSHP Waste (TWh/year) Gr.1: 109 2558 3221 0 1251		Biomax max to grid 0		MW																					
Output WARNING!!: (3) PP/Import problem																															
District Heating										Electricity										Exchange											
Demand										Production										Balance		Payment									
Distr. heating										Solar										Stab-		Imp Exp									
Solar										Waste+ CSHP DHP CHP HP ELT Boiler EH										Imp		Exp									
MW										MW MW MW MW MW MW MW MW										MW		MW									
January 17659										0 2623 0 10267 0 0 0 0 4770										114 2957		6496									
February 16381										0 2694 0 10254 0 0 0 0 3433										110 2960		6026									
March 12045										0 2755 0 10250 0 0 0 0 59										110 2963		4431									
April 8756										0 2887 0 10262 0 0 0 0 -1632										109 2958		3221									
May 0										0 2403 0 3631 0 0 0 0 -6034										107 2959		0									
June 0										0 2619 0 3631 0 0 0 0 -6250										113 2963		0									
July 0										0 2534 0 3631 0 0 0 0 -6165										124 2957		0									
August 0										0 2515 0 3631 0 0 0 0 -6146										129 2961		0									
September 0										0 2678 0 3631 0 0 0 0 -6309										116 2962		0									
October 9613										0 2702 0 7910 0 0 0 0 -999										101 2957		3536									
November 13452										0 3340 0 9588 0 0 0 0 524										114 2961		4948									
December 17953										0 3382 0 10296 0 0 0 0 4278										116 2960		6004									
Average 7969										0 2744 0 6941 0 0 0 0 -1716										114 2960		2931									
Maximum 28990										0 3501 0 10375 0 0 0 0 15274										170 3599		10664									
Minimum 0										0 1734 0 3631 0 0 0 0 -6884										58 2305		0									
TWh/year 70,00										0,00 0,00 24,10 0,00 60,97 0,00 0,00 0,00 -15,07										1001 26,00		25,75									
FUEL BALANCE (TWh/year):										CAES BioCon- Electro- PV and Wind off CSP										Industry										CO2 emission (Mt):	
DHP CHP2 CHP3 Boiler2 Boiler3 PP Geo/Nu- Hydro Waste										Elec- Flex& Transp. HP MW ELT Boile EH MW MW MW MW MW MW MW MW										Total										Total	
Coal - 3,71										- 608,64										- 36,05										240,00	
N Gas - 2,47										- 19,49										- 525,00										300	
Biomass - 4,38										- 11,37										- 103,00										150,00	
Renewable - 43,96										50,40										- 41,00										13,00	
H2 etc. - 0,00										- 0,00										- 253,71										0,00	
Biofuel - 0,00										- 0,00										- 76,84										0,00	
Nuclear/CCS - 84,92										- 1,84										- 84,92										0,00	
Total - 121,94										- 1446,14										128,88										50,40	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,00										0,00										0,00										0,00	
0,																															

EK-2. 2030 Türkiye Projeksiyon Alternatif-1 Market Simülasyonu

Input

2030Turkey_reference.txt

Electricity demand (TWh/year):

Fixed demand

Electric heating + HP

Electric cooling

20.00

Fixed implex:

35.75

5.00

20.00

Transportation

6.00

Total

1082.75

District heating (TWh/year):

District heating demand

Solar Thermal

Industrial CHP (CSPH)

Demand after solar and CSPH

Gr.1

Gr.2

Gr.3

Sum

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

70.00

0.00

70.00

70.00

Wind

Photo Voltaic

Offshore Wind

Hydro Power

Geothermal/Nuclear

22000

5000

0

35000

35000

MW

MW

MW

MW

MW

57.45

7.59

0

86.58

50.4

TWh/year

TWh/year

TWh/year

TWh/year

TWh/year

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

Grid

stabil-

satlon

share

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

Group 2:

CHP

Heat Pump

Boiler

CHP

Heat Pump

Boiler

Condensing

gr:2

0

0

0

8300

0

0

34870

capacities

MW-e

0

0

0

0

0

0

efficiencies

MJUs

0

0

0

10375

0

0

0

Ther

0.40

0

0

0.50

0

0

0.45

COP

0.50

3.00

0.90

0.50

3.00

0.90

0.45

Regulation Strategy:

CEEP regulation

Minimum Stabilisation share

Stabilisation share of CHP

Minimum CHP gr 3 load

Minimum Pump

Heat Pump maximum share

Maximum import/export

1000000.00

0.30

0.00

2905

12204

0

10000

Market regulation NEW

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

District Name:

Addition factor

Multiplication factor

Dependency factor

Average Market Price

Gas Storage

Syngas capacity

Biogas max to grid

Hour_notperiod.txt

2.00

2.00

2.00

TRY/TMWh

0

0

0

TRY/TMWh

0

0

0

0

0

0

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

Heatstorage: gr:2

Fixed Boiler: gr:2

Electricity prod.:

Gr.1:

Gr.2:

Gr.3:

0

0

0.00

0.00

0.00

0.00

GWh

0

0

0

0

0

0

gr:3

0

0

0

0

0

0

GWh

0

0

0

0

0

0

Per cent

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

Fuel Price level: Basic

Capacities Storage Efficiencies

MW-e

GWh

elec. Ther.

1000

5

0.80

0.80

0.80

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.

EK-3. 2030 Türkiye Projeksiyon Alternatif-2 %20 Düşük Kapasite

Input 2030Turkey_reference%20-tx										The EnergyPLAN model 14.1									
Electricity demand (TWh/year): 1998.00 Fixed demand: 998.00 Electric heating + HP: 35.75 Electric cooling: 5.00 District heating demand (TWh/year): 0.00 District heating demand: 0.00 Solar Thermal: 0.00 Industrial CHP (CSHP): 0.00 Demand after solar and CSHP: 0.00 Wind: 17800 MW Photo Voltaic: 4000 MW Offshore Wind: 0 MW River Hydro: 30000 MW Hydro Power: 28000 MW Geothermal/Nuclear: 6840 MW										Regulation Strategy: Technical regulation no. 2 CEEP regulation: 100000000 Minimum Stabilisation share: 0.30 Stabilisation share of CHP: 0.00 Minimum CHP gr 3 load: 9783 MW Heat Pump maximum share: 0.50 Maximum import/export: 10000 MW District Name: Hour_hordpoint Addition factor: 0.00 Multiplication factor: 2.00 Dependency factor: 0.00 Average Market Price: 227 Gas Storage: 0 GWh Syngas capacity: 0 MW Biogas max to grid: 0 MW Fuel Price level: Basic Capacities Storage Efficiencies MW-e: GWh elec. Ther. Hydro Pump: 1000 0 0.80 Hydro Turbine: 1000 0.90 Electrol. Gr-2: 0 0 0.73 0.06 Electrol. Gr-3: 0 0 0.73 0.06 Electrol. trans.: 0 0 0.73 Ely. MicroCHP: 0 0 0.73 CAES fuel retro: 0.00 (TWh/year) Coal Oil Ngas Biomass Transport: 0.00 525.00 3.00 0.00 Household: 40.00 3.00 150.00 41.00 Industry: 100.00 80.00 160.00 10.00 Various: 140.00 35.00 180.00 3.00									
Group 2: MW-e: MJ/s CHP: 0 0 0.40 0.50 Heat Pump: 0 0 0.00 Boiler: 4000 0.00 Group 3: MW-e: MJ/s CHP: 6840 8300 0.40 0.50 Heat Pump: 0 0 0.00 Boiler: 4000 0.00 Condensing: 27896 0.45 Heatstorage: gr-2: 10 GWh gr-3: 10 GWh Fixed Boiler: gr-2: 0.0 Per cent gr-3: 0.0 Per cent Electricity prod. from CSHP Waste (TWh/year) Gr-1: 0.00 0.00 Gr-2: 0.00 1.18 Gr-3: 0.00 0.00										District Heating Production Demand: Solar CSHP CHP HP ELT Boiler EH Balance January: 13466 0 2196 0 8300 0 0 3960 0 -491 February: 12755 0 2196 0 8300 0 0 3866 0 -1638 March: 10989 0 2196 0 8300 0 0 2889 0 -2108 April: 8210 0 2196 0 8012 0 0 196 0 -2108 May: 6362 0 2196 0 5362 0 0 0 0 -2108 June: 3935 0 2196 0 3935 0 0 0 0 -2196 July: 3194 0 2196 0 3196 0 0 0 0 -2196 August: 3310 0 2196 0 3322 0 0 0 0 -2226 September: 4954 0 2196 0 4964 0 0 0 0 -2108 October: 7251 0 2196 0 7078 0 0 174 0 -2108 November: 10231 0 2196 0 8300 0 0 1631 0 -2108 December: 12385 0 2196 0 8279 0 0 3962 0 -1801 Average: 7969 0 2196 0 9414 0 0 1377 0 -2017 Maximum: 14172 0 2196 0 8300 0 0 4000 0 -324 Minimum: 2870 0 2196 0 2905 0 0 0 0 -2230 TWh/year: 70.00 0.00 19.29 0.00 56.34 0.00 0.00 12.09 0.00 -17.72 FUEL BALANCE (TWh/year): DHP CHP2 CHP3 Boiler2 Boiler3 PP Geo/Nu Hydro Waste Coal: -3.43 -3.36 454.27 - - - - - Oil: -2.29 -3.36 14.70 - - - - - N.Gas: -102.62 -3.36 592.36 - - - - - Biomass: -4.05 -3.36 8.57 - - - - - Renewable: - - - - 47.00 - - - - - H2 etc.: - - - - 0.00 0.00 - - - - - Biofuel: - - - - - - - -75.00 - - - - - Nuclear/CCS: - - - - -102.21 - - - - - Total: -112.69 -13.44 1089.91 149.22 -4.32 -3.13 -36.51 17.26 -283.52 3.75 703.00 228.95 708.00 3313.37 348.80 3661.97 693.54 810.49									
Output WARNING!! (3) PP/Import problem										District Heating Production Demand: Solar CSHP CHP HP ELT Boiler EH Balance January: 13466 0 2196 0 8300 0 0 3960 0 -491 February: 12755 0 2196 0 8300 0 0 3866 0 -1638 March: 10989 0 2196 0 8300 0 0 2889 0 -2108 April: 8210 0 2196 0 8012 0 0 196 0 -2108 May: 6362 0 2196 0 5362 0 0 0 0 -2108 June: 3935 0 2196 0 3935 0 0 0 0 -2196 July: 3194 0 2196 0 3196 0 0 0 0 -2196 August: 3310 0 2196 0 3322 0 0 0 0 -2226 September: 4954 0 2196 0 4964 0 0 0 0 -2108 October: 7251 0 2196 0 7078 0 0 174 0 -2108 November: 10231 0 2196 0 8300 0 0 1631 0 -2108 December: 12385 0 2196 0 8279 0 0 3962 0 -1801 Average: 7969 0 2196 0 9414 0 0 1377 0 -2017 Maximum: 14172 0 2196 0 8300 0 0 4000 0 -324 Minimum: 2870 0 2196 0 2905 0 0 0 0 -2230 TWh/year: 70.00 0.00 19.29 0.00 56.34 0.00 0.00 12.09 0.00 -17.72 FUEL BALANCE (TWh/year): DHP CHP2 CHP3 Boiler2 Boiler3 PP Geo/Nu Hydro Waste Coal: -3.43 -3.36 454.27 - - - - - Oil: -2.29 -3.36 14.70 - - - - - N.Gas: -102.62 -3.36 592.36 - - - - - Biomass: -4.05 -3.36 8.57 - - - - - Renewable: - - - - 47.00 - - - - - H2 etc.: - - - - 0.00 0.00 - - - - - Biofuel: - - - - - - - -75.00 - - - - - Nuclear/CCS: - - - - -102.21 - - - - - Total: -112.69 -13.44 1089.91 149.22 -4.32 -3.13 -36.51 17.26 -283.52 3.75 703.00 228.95 708.00 3313.37 348.80 3661.97 693.54 810.49									
Output specifications 2030Turkey_reference%20-tx										The EnergyPLAN model 14.1									
District Heating Production Demand: Solar CSHP CHP HP ELT Boiler EH Balance January: 13466 0 2196 0 8300 0 0 3960 0 -491 February: 12755 0 2196 0 8300 0 0 3866 0 -1638 March: 10989 0 2196 0 8300 0 0 2889 0 -2108 April: 8210 0 2196 0 8012 0 0 196 0 -2108 May: 6362 0 2196 0 5362 0 0 0 0 -2108 June: 3935 0 2196 0 3935 0 0 0 0 -2196 July: 3194 0 2196 0 3196 0 0 0 0 -2196 August: 3310 0 2196 0 3322 0 0 0 0 -2226 September: 4954 0 2196 0 4964 0 0 0 0 -2108 October: 7251 0 2196 0 7078 0 0 174 0 -2108 November: 10231 0 2196 0 8300 0 0 1631 0 -2108 December: 12385 0 2196 0 8279 0 0 3962 0 -1801 Average: 7969 0 2196 0 9414 0 0 1377 0 -2017 Maximum: 14172 0 2196 0 8300 0 0 4000 0 -324 Minimum: 2870 0 2196 0 2905 0 0 0 0 -2230 TWh/year: 70.00 0.00 19.29 0.00 56.34 0.00 0.00 12.09 0.00 -17.72 FUEL BALANCE (TWh/year): DHP CHP2 CHP3 Boiler2 Boiler3 PP Geo/Nu Hydro Waste Coal: -3.43 -3.36 454.27 - - - - - Oil: -2.29 -3.36 14.70 - - - - - N.Gas: -102.62 -3.36 592.36 - - - - - Biomass: -4.05 -3.36 8.57 - - - - - Renewable: - - - - 47.00 - - - - - H2 etc.: - - - - 0.00 0.00 - - - - - Biofuel: - - - - - - - -75.00 - - - - - Nuclear/CCS: - - - - -102.21 - - - - - Total: -112.69 -13.44 1089.91 149.22 -4.32 -3.13 -36.51 17.26 -283.52 3.75 703.00 228.95 708.00 3313.37 348.80 3661.97 693.54 810.49										RES specification RES1 RES2 RES3 RES4 RES5 RES6 RES7 RES8 RES9 RES10 Wind Photo Offshore 4-7 ind January: 5536 137 0 30101 35652 February: 5252 137 0 30550 39154 March: 4179 191 0 30765 35364 April: 3913 479 0 31914 36880 May: 3866 535 0 32138 37171 June: 3333 704 0 32815 37897 July: 2538 670 0 32280 36073 August: 2913 548 0 32185 36206 September: 3734 349 0 31384 35880 October: 3712 182 0 30727 34839 November: 5303 56 0 30224 35650 December: 5937 31 0 30128 35532 Average: 4196 317 0 31268 36121 Maximum: 17424 4000 0 46000 67752 Minimum: 0 0 0 30000 30000 Total for the whole year TWh/year: 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 19.29 0.00 0.00 0.00 -19.29 70.00 0.00 0.00 56.34 0.00 0.00 12.09 0.00 1.57 36.51 2.78 0.00 274.66 317.29									
Own use of heat from industrial CHP: 0.00 TWh/year ANNUAL COSTS (Million DKK) Total Fuel ex: Ngas exchange = 0 Uranium = 0 Coal = 0 Fuel/Oil = 0 Gas/Oil/JP = 0 Petroil/JP = 0 Gas handling = 0 Biomass = 0 Food income = 0 Waste = 0 Total Ngas Exchange costs = 0 Marginal operation costs = 0 Total Electricity exchange = 3904 Import = 4624 Export = 0 Bottleneck = 0 Fixed implac = -6020 Total CO2 emission costs = 0 Total variable costs = 3904 Fixed operation costs = 0 Annual investment costs = 0 TOTAL ANNUAL COSTS = 3904 RES Share: 15.7 Percent of Primary Energy 34.4 Percent of Electricity 342.8 TWh electricity from RES										NATURAL GAS EXCHANGE Demand Bio-Syn CO2Hy SyntHy SyntHy Stor Sum Im- Ex- Boilers CHP3 CAES visual port Var Sum gas gas gas gas gas age port port January: 1108 15162 72090 28917 342 38707 156295 0 0 0 0 0 156295 156295 0 February: 1083 15162 72514 27333 342 38707 155139 0 0 0 0 0 155139 155139 0 March: 747 15162 71896 23548 342 38707 150400 0 0 0 0 0 150400 150400 0 April: 55 14030 64653 17920 342 38707 139015 0 0 0 0 0 139015 139015 0 May: 0 9831 64325 11532 342 38707 124738 0 0 0 0 0 124738 124738 0 June: 0 7187 63000 8431 342 38707 117687 0 0 0 0 0 117687 117687 0 July: 0 6541 60297 6845 342 38707 110021 0 0 0 0 0 110021 110021 0 August: 0 6069 60636 7093 342 38707 119147 0 0 0 0 0 119147 119147 0 September: 0 6520 67578 9695 342 38707 125141 0 0 0 0 0 125141 125141 0 October: 48 12629 69153 18537 342 38707 135716 0 0 0 0 0 135716 135716 0 November: 538 15162 69537 21624 342 38707 146197 0 0 0 0 0 146197 146197 0 December: 1028 15123 70443 26497 342 38707 152137 0 0 0 0 0 152137 152137 0 Average: 382 11717 67437 17077 342 38707 135661 0 0 0 0 0 135661 135661 0 Maximum: 1111 15162 79173 30388 342 38707 160751 0 0 0 0 0 160751 160751 0 Minimum: 0 5307 13985 6150 342 38707 67687 0 0 0 0 0 67687 67687 0 Total for the whole year TWh/year: 3.38 102.92 592.36 150.00 3.00 340.00 1191.65 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1191.65 1191.65 0.00									

Çizelge 3.1. 2030 Türkiye projeksiyonu %20 düşük kapasite simülasyon rapor çıktısı

Cizelge 4.1. 2030 Türkiye projeksiyonu %20 yüksek kapasite simülasyon rapor çıktısı

EK-5. 2030 Türkiye Projeksiyon Alternatif-4 %5 Hidrojen Karışımı

Input 2030TurkeyH2added.txt										The EnergyPLAN model 14.1																							
Electricity demand (TWh/year):		Flexible demand 20,00		Group 2:		Capacities		Efficiencies		Regulation Strategy:		Technical regulation no. 2		Fuel Price level:		Capacities Storage Efficiencies																	
Fixed demand 996,00		Fixed implexp. 20,00		CHP		MW-e MU/s		elec. Ther		CEEP regulation		100000000		MW-e GWh elec. Ther.																			
Electric heating + HP 35,75		Transportation 6,00		Heat Pump		0 0		0 0,40 0,50		Minimum Stabilisation share		0,30		Hydro Pump: 1000 5 0,80																			
Electric cooling 5,00		Total 1062,75		Boiler		0 0		0 0,90 3,00		Stabilisation share of CHP		0,00		Hydro Turbine: 1000 0 0,90																			
District heating (TWh/year)		Gr.1 Gr.2 Gr.3 Sum		Group 3:		CHP		8300 10375 0,40 0,50		Minimum CHP gr 3 load		2905 MW		Electrol. Gr.2: 0 0 0,80 0,10																			
District heating demand		0,00 0,00 70,00 70,00		CHP		0 0		0 0,90 3,00		Heat Pump maximum share		0,50		Electrol. Gr.3: 0 0 0,80 0,10																			
Solar Thermal		0,00 0,00 0,00 0,00		Heat Pump		0 0		0 0,90 3,00		Maximum import/export		10000 MW		Electrol. trans: 2500 0 0,80																			
Industrial CHP (CSHP)		0,00 0,00 0,00 0,00		Boiler		0 0		0 0,90 3,00		Distr. Name :		Hour_nordpost.txt		Ely. MicroCHP: 27664 0 0,80																			
Demand after solar and CSHP		0,00 0,00 70,00 70,00		Condensing		34870 0,45				Addition factor		0,00 TRY/MWh		CAES fuel ratio: 0,000																			
Wind		22000 MW 58,23 TWh/year		Heatstorage: gr.2: 0 GWh gr.3: 0 GWh						Multiplication factor		2,00		(TWh/year)		Coal Oil Ngas Biomass																	
Photo Voltaic		5000 MW 7,59 TWh/year		Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent gr.3: 0,0 Per cent						Dependency factor		0,00 TRY/MWh pr. MW		Transport		0,00 525,00 3,00 0,00																	
Offshore Wind		0 MW 0 TWh/year		Electricity prod. from:		CSHP Waste (TWh/year)				Average Market Price		227 TRY/MWh		Household		40,00 3,00 150,00 41,00																	
River Hydro		35000 MW 86,58 TWh/year		Gr.1:		109 2958 3221 2451 1251				Gas Storage		0 GWh		Industry		100,00 80,00 153,00 10,00																	
Hydro Power		35000 MW 50,4 TWh/year		Gr.2:		0 0,00 0,00				Syngas capacity		0 MW		Various		140,00 35,00 170,00 3,00																	
Geothermal/Nuclear		8300 MW 58 TWh/year		Gr.3:		0 0,00 0,00				Biogas max to grid		0 MW																					
Output WARNING!!: (3) PP/Import problem																																	
District Heating										Electricity																							
Demand		Production								Consumption								Exchange															
Distr. heating	Solar	Waste+	CSHP	DHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Balance	Elec. GW	Flex.& MW	Transp. MW	HP MW	Electro- MW	Hydro MW	Tur- MW	RES MW	Hydro MW	Geo- MW													
MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW													
January	17659	0	2623	0	10260	0	1683	0	0	3093	114	2957	6496	2451	2523	0	0	13684	5724	6879													
February	16381	0	2694	0	10244	0	1683	0	0	1760	114	2960	6026	2451	2340	0	0	17318	6621	6376													
March	12045	0	2755	0	9191	0	1683	0	0	-1585	110	2963	4431	2450	1721	0	0	18789	6586	6281													
April	8756	0	2867	0	7639	0	1683	0	0	-3253	109	2958	3221	2451	1251	0	0	21100	6725	6057													
May	0	0	2403	0	3631	0	1683	0	0	-7717	107	2959	0	2451	0	0	0	18406	5018	6242													
June	0	0	2619	0	3631	0	1683	0	0	-7933	113	2963	0	2450	0	0	0	24356	6481	6458													
July	0	0	2534	0	3631	0	1683	0	0	-7848	124	2957	0	2451	0	0	0	24050	6664	6634													
August	0	0	2515	0	3631	0	1683	0	0	-7829	129	2961	0	2451	0	0	0	23555	6743	6663													
September	0	0	2678	0	3631	0	1683	0	0	-7692	116	2962	0	2450	0	0	0	16652	4942	6099													
October	9613	0	2702	0	7857	0	1683	0	0	-2829	101	2957	3536	2451	1373	0	0	14188	4547	6385													
November	13452	0	3340	0	9558	0	1683	0	0	-1129	114	2961	4948	2450	1922	0	0	11130	4537	7440													
December	17953	0	3382	0	10289	0	1683	0	0	2599	116	2960	6604	2451	2565	0	0	10707	4312	7690													
Average	7969	0	2744	0	6924	0	1683	0	0	-3381	114	2960	2931	2451	1138	0	0	17825	5738	6603													
Maximum	28990	0	3501	0	10375	0	1683	0	0	13591	170	3590	10664	2472	4141	0	0	80689	12153	7794													
Minimum	0	0	1734	0	3631	0	1683	0	0	-8567	58	2305	0	2428	0	0	0	3500	2431	5416													
TWh/year	70,00	0,00	24,10	0,00	60,82	0,00	14,78	0,00	0,00	-29,70	1001	26,00	25,75	21,53	10,00	0,00	0,00	156,58	50,40	58,00													
FUEL BALANCE (TWh/year):										CAES BioCon- Electro- PV and Wind off CSP																							
DHP		CHP2		CHP3		Boiler2		Boiler3		PP		Geo/Nu. Hydro		Waste		CAES		BioCon		Electro- version													
Oil		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
Coal		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
N.Gas		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
Biomass		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
Renewable		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
H2 etc.		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
Biofuel		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
Nuclear/CCS		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
Total		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
Oil		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
Coal		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
N.Gas		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
Biomass		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
Renewable		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
H2 etc.		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
Biofuel		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
Nuclear/CCS		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													
Total		-		-		-		-		-		-		-		-		-		-													

21-Mar-2021 21:51

EK-6. 2030 Türkiye Projeksiyon Alternatif-5 %10 Hidrojen Karışımı

Input

2030TurkeyH2added.txt

Electricity demand (TWh/year):

Fixed demand

Electric heating + HP

Electric cooling

Flexible demand 20.00

Fixed fleximp. 20.00

Transportation 6.00

Total 1082.75

Group 2:

CHP

Heat Pump

Boiler

Capacities

MW-e MJ/s

elec. Ther

COP

0

0

0

0.90

3.00

0

0.90

0.45

Group 3:

CHP

Heat Pump

Boiler

Condensing

8300

10375

0

34870

0.40

0.50

0.90

0.45

Regulation Strategy:

CEC regulation

Minimum Stabilisation share

Stabilisation share of CHP

Minimum CHP gr 3 load

Minimum PMP

Heat Pump maximum share

Maximum import/export

0.30

0.00

2905 MW

12204 MW

0.50

10000 MW

Dist. Name:

Hour_nordpost.txt

Addition factor

Multiplication factor

Dependency factor

Average Market Price

Heat Pump

Syn gas capacity

Biogas max to grid

2.00

2.00

227 TRY/MWh

0 GWh

0 MW

0 MW

0 MW

Technical regulation no. 2

1000000000

2905 MW

12204 MW

0.50

10000 MW

Fuel Price level:

Capacities Storage Efficiencies

MW-e GWh etc. Ther

1000 5 0.80

1000 0.90

Electro. Gr.2: 1000

Electro. Gr.3: 0

Electro. trans.: 4900

Ely. Micro-CHP: 55300

CAES fuel ratio: 0.000

0.00

0.80

0.80

0.80

0.80

0.80

0.00

Wind

Photo Voltaic

Offshore Wind

River Hydro

Hydro Power

Geothermal/Nuclear

22000 MW

5000 MW

0 MW

35000 MW

35000 MW

8300 MW

58.23 TWh/year

7.59 TWh/year

0 TWh/year

86.58 TWh/year

50.4 TWh/year

58 TWh/year

0.00 Grid

0.00 station

0.00 share

Heatstorage: gr.2:

Fixed Boiler: gr.2:

Electricity prod. from:

Gr.1:

Gr.2:

Gr.3:

0 GWh

0.0 Per Cent

CSPH

Waste (TWh/year)

0.00

0.00

0.00

0 GWh

0.0 Per Cent

0.00

0.00

0.00

0.00

Capacities Storage Efficiencies

MW-e GWh etc. Ther

1000 5 0.80

1000 0.90

Electro. Gr.2: 1000

Electro. Gr.3: 0

Electro. trans.: 4900

Ely. Micro-CHP: 55300

CAES fuel ratio: 0.000

0.00

0.80

0.80

0.80

0.80

0.80

0.00

Transport

Household

Industry

Various

0.00

3.00

100.00

140.00

525.00

150.00

146.00

35.00

3.00

0.40

146.00

30.00

Output

WARNING!!: (3) PP/Import problem

Demand	District Heating														Electricity														Balance										Exchange	
	Production								Consumption								Production								Balance								Payment Imp	Exp						
	Production								Consumption								Production								Balance															
	Distr. Heat. MW	Solar MW	CSPH MW	DHP MW	CHP MW	HP MW	ELT MW	Boiler MW	EH MW	Balance MW	Elec. demand GW	Flex. demand MW	Transp. MW	HP MW	Electro-lysis MW	EH MW	Hydro Pump MW	Tur-bine MW	RES MW	Hy-dro MW	Geo-thermal MW	Waste+ CSPH MW	CHP MW	PP MW	Stab-Load %	Imp MW	Exp MW	CEEP MW	EEP MW											
January	17659	0	2623	0	10253	0	3348	0	0	1435	114	2957	6496	4878	2523	0	0	13684	5724	6879	0	8203	74053	293	24968	0	0	0	0	5811	0									
February	16381	0	2694	0	10234	0	3348	0	0	106	114	2960	6026	4878	2340	0	0	17318	6621	6376	0	8187	73857	284	19874	0	0	0	0	3122	0									
March	12045	0	2755	0	9150	0	3348	0	0	-3209	110	2963	4331	4878	1721	0	0	19769	6586	6281	0	7320	73283	279	13733	0	0	0	0	2388	0									
April	8756	0	2687	0	7577	0	3348	0	0	-4655	109	2958	3221	4878	1251	0	0	21109	6725	6957	0	6692	73994	274	9416	0	0	0	0	1013	0									
May	0	0	2403	0	3631	0	3348	0	0	-9382	107	2959	0	4878	0	0	0	18406	5018	6242	0	2905	75757	279	8927	0	0	0	0	1786	0									
June	0	0	2619	0	3631	0	3348	0	0	-9598	113	2963	0	4878	0	0	0	24356	6481	6458	0	2905	74506	265	8761	0	0	0	0	1586	0									
July	0	0	2534	0	3631	0	3348	0	0	-9513	124	2957	0	4878	0	0	0	24050	6664	6634	0	2905	77217	268	16711	0	0	0	0	1981	0									
August	0	0	2515	0	3631	0	3348	0	0	-9494	129	2961	0	4878	0	0	0	23555	6743	6663	0	2905	78867	270	20373	0	0	0	0	3440	0									
September	0	0	2671	0	3631	0	3348	0	0	-9656	116	2962	0	4878	0	0	0	16562	4942	6099	0	2905	78872	285	17052	0	0	0	0	3069	0									
October	9613	0	2702	0	7805	0	3348	0	0	-4242	101	2957	3536	4878	1373	0	0	14188	4547	6385	0	6434	72618	289	12215	0	0	0	0	2241	0									
November	13452	0	3340	0	9527	0	3348	0	0	-2763	114	2961	4948	4878	1922	0	0	11130	4537	7440	0	7622	75003	299	25245	0	0	0	0	4240	0									
December	17953	0	3382	0	10283	0	3348	0	0	941	116	2960	6604	4878	2155	0	0	10707	4312	7690	0	8228	74284	301	28991	0	0	0	0	5575	0									
Average	7969	0	2744	0	6906	0	3348	0	0	-5029	114	2960	2931	4878	1138	0	0	17825	5738	6603	0	5525	75179	282	12722	0	0	0	0	Average price (TRY/MWh)	0									
Maximum	28990	0	3501	0	10375	0	3348	0	0	11926	170	3590	10694	4900	4141	0	0	60689	12153	7914	0	8300	79965	321	61488	0	0	0	0	(TRY/MWh)	205									
Minimum	0	0	1734	0	3631	0	3348	0	0	-10232	58	2305	0	4856	0	0	0	0	0	0	0	2905	29629	169	0	0	0	0	0	243	205									
TWh/year	70.00	0.00	24.10	0.00	60.67	0.00	29.41	0.00	0.00	-44.17	1001	26.00	25.75	42.85	10.00	0.00	0.00	156.58	50.40	58.00	0.00	45.53	660.37		151.72	0.00	0.00	0.00	0.00	36854	0									

FUEL BALANCE (TWh/year):	CAES BioCoal-Elec-										PV and CSP	Wind off CSP	Wind off Hydro	Solar Th. Transp.	Household Various	Industry Total	Imp/Exp Corrected	CO2 emission (Mt): Total Net																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	DHP	CHP2	CHP3	Boiler2	Boiler3	PP	Geo.Nu.	Hydro	Waste	Elec-Elc.									version	Fuel																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

Output specifications

2030TurkeyH2added.txt

The EnergyPLAN model 9.1.1

District Heating Production

Gr.1

District heating MW

Solar MW

CSHP MW

DHP MW

Gr.2

District heating MW

Solar MW

CSHP MW

CHP MW

HP MW

ELT MW

Boiler MW

EH MW

Storage MW

Balance MW

Gr.3

District heating MW

Solar MW

CSHP MW

CHP MW

HP MW

ELT MW

Boiler MW

EH MW

Storage MW

Balance MW

RES specification

RES1 Wind

RES2 Photo

RES3 Offsho

RES 4-7 Ind

Total Wind

Photo

Offsho

Ind

Total

January	0	0	0	0	0	2623	0	0	3115	0	0	0	-5738	17659	0	0	10253	0	233	0	0	0	7173	4923	355	0	0	8368	13684	6332	558	0	10222	3713	0	0	5915	
February	0	0	0	0	0	2694	0	0	3115	0	0	0	-5809	16381	0	0	10234	0	233	0	0	0	5915	7293	369	0	0	10440	18789	6332	558	0	10440	18789	6332	558	0	
March	0	0	0	0	0	2755	0	0	3115	0	0	0	-5870	12045	0	0	9150	0	233	0	0	0	2661	7216	974	0	0	12193	21100	6332	558	0	12193	21100	6332	558	0	
April	0	0	0	0	0	2687	0	0	3115	0	0	0	-5802	8756	0	0	7577	0	233	0	0	0	946	7216	974	0	0	12193	21100	6332	558	0	12193	21100	6332	558	0	
May	0	0	0	0	0	2403	0	0	3115	0	0	0	-5518	0	0	0	3631	0	233	0	0	0	-3864	6500	1206	0	0	9899	18406	6332	558	0	9899	18406	6332	558	0	
June	0	0	0	0	0	2619	0	0	3115	0	0	0	-5734	0	0	0	3631	0	233	0	0	0	-3864	9109	1338	0	0	12852	24356	6332	558	0	12852	24356	6332	558	0	
July	0	0	0	0	0	2534	0	0	3115	0	0	0	-5649	0	0	0	3631	0	233	0	0	0	-3864	9384	1363	0	0	12447	24050	6332	558	0	12447	24050	6332	558	0	
August	0	0	0	0	0	2515	0	0	3115	0	0	0	-5630	0	0	0	3631	0	233	0	0	0	-3864	8999	1296	0	0	12440	23555	6332	558	0	12440	23555	6332	558	0	
September	0	0	0	0	0	2678	0	0	3115	0	0	0	-5792	0	0	0	3631	0	233	0	0	0	-3864	6260	1027	0	0	8847	16652	6332	558	0	8847	16652	6332	558	0	
October	0	0	0	0	0	2702	0	0	3115	0	0	0	-5817	9613	0	0	7805	0	233	0	0	0	1575	5787	672	0	0	7457	14188	6332	558	0	7457	14188	6332	558	0	
November	0	0	0	0	0	3340	0	0	3115	0	0	0	-6455	13452	0	0	9527	0	233	0	0	0	3820	3780	454	0	0	8813	11130	6332	558	0	8813	11130	6332	558	0	
December	0	0	0	0	0	3382	0	0	3115	0	0	0	-6486	17963	0	0	10293	0	233	0	0	0	7438	3943	369	0	0	8367	10707	6332	558	0	8367	10707	6332	558	0	
Average	0	0	0	0	0	2744	0	0	3115	0	0	0	-5858	7969	0	0	8906	0	233	0	0	0	830	6629	864	0	0	9857	17825	6332	558	0	9857	17825	6332	558	0	
Maximum	0	0	0	0	0	3501	0	0	3115	0	0	0	-4848	28999	0	0	10375	0	233	0	0	0	16382	22000	5000	0	0	30500	60689	6332	558	0	30500	60689	6332	558	0	
Minimum	0	0	0	0	0	1734	0	0	3115	0	0	0	-4616	0	0	0	3631	0	233	0	0	0	-3864	0	0	0	0	0	3500	3500	6332	558	0	3500	3500	6332	558	0
Total for the whole year																																						
TWh/year	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.10	0.00	0.00	27.36	0.00	0.00	-51.46	70.00	0.00	0.00	60.67	0.00	2.05	0.00	0.00	7.29	58.23	7.59	0.00	86.58	156.58	0.00	0.00	86.58	156.58	0.00	0.00	86.58	156.58	0.00	0.00

Own use of heat from industrial CHP: 0.00 TWh/year

NATURAL GAS EXCHANGE

DHP & Boilers MW

CHP2 MW

PP CAES MW

Individual MW

Trans port MW

Indu. Var. MW

Demand Sum MW

Bio-gas MW

CO2Hy gas MW

SynHy gas MW

SynHy gas MW

Storage MW

RES2 MW

Imp- port MW

Exp- port MW

ANNUAL COSTS (Million TRY)																																						
Total Fuel ex Ngas exchange =	0																																					
Uranium =	0																																					
Coal =	0																																					
FuelOil =	0																																					
GasOil/Diesel=	0																																					
Petrol/LP =	0																																					
Gas handling =	0																																					
Biomass =	0																																					
Food income =	0																																					
Waste =	0																																					
Total Ngas Exchange costs =	0																																					
Marginal operation costs =	0																																					
Total Electricity exchange =	31834																																					

Çizelge 6.1. 2030 Türkiye projeksiyonu %10 hidrojen karışımı simülasyon rapor çıktısı

EK-7. 2030 Türkiye Projeksiyon Alternatif-6 %20 Hidrojen Karışımı

[illegible]

Output specifications										2030TurkeyH2added.txt										The EnergyPLAN model 14.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
										District Heating Production																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Gr.1					Gr.2					Gr.3					RES specification																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
District heating	Solar	CSHP	DHP		District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Balance	District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Balance	RES1 Wind	RES2 Photo	RES3 Offsho	RES4 4+7 ind	RES Total																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
MW	MW	MW	MW		MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
January	0	0	0	0	0	0	2623	0	0	6211	0	0	0	-8834	17659	0	0	10232	0	466	6862	100	0	0	4923	355	0	8368	13684																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
February	0	0	0	0	0	0	2694	0	0	6211	0	0	0	-8905	16381	0	0	10201	0	466	5614	100	0	0	6332	558	0	10222	17318																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
March	0	0	0	0	0	0	2755	0	0	6211	0	0	0	-8967	12045	0	0	9030	0	466	2548	95	0	-94	7290	769	0	10440	18766																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
April	0	0	0	0	0	0	2687	0	0	6211	0	0	0	-8898	8756	0	0	7399	0	466	1015	85	0	-208	7216	974	0	12193	21100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
May	0	0	0	0	0	0	2403	0	0	6211	0	0	0	-8614	0	0	0	3631	0	466	0	0	0	0	-4067	6496	1206	0	9899	18403																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
June	0	0	0	0	0	0	2619	0	0	6211	0	0	0	-8830	0	0	0	3631	0	466	0	0	0	0	-4067	9105	1338	0	12852	24351																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
July	0	0	0	0	0	0	2534	0	0	6211	0	0	0	-8745	0	0	0	3631	0	466	0	0	0	0	-4067	9379	1363	0	12447	24045																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
August	0	0	0	0	0	0	2515	0	0	6211	0	0	0	-8726	0	0	0	3631	0	466	0	0	0	0	-4067	8999	1296	0	12440	23555																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
September	0	0	0	0	0	0	2678	0	0	6211	0	0	0	-8889	0	0	0	3631	0	466	0	0	0	0	-4067	6260	1027	0	8847	16652																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
October	0	0	0	0	0	0	2702	0	0	6211	0	0	0	-8913	9613	0	0	7653	0	466	1752	81	0	-339	5609	672	0	7457	14014																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
November	0	0	0	0	0	0	3340	0	0	6211	0	0	0	-9552	13452	0	0	9436	0	466	3496	98	0	-43	3780	454	0	6813	11170																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
December	0	0	0	0	0	0	3382	0	0	6211	0	0	0	-9593	17953	0	0	10262	0	466	7126	100	0	0	3943	350	0	6367	10730																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Average	0	0	0	0	0	0	2744	0	0	6211	0	0	0	-8955	7969	0	0	6855	0	466	2363	55	0	-1770	6613	864	0	9857	17606																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Maximum	0	0	0	0	0	0	3501	0	0	6211	0	0	0	-7945	28990	0	0	10375	0	466	18049	100	0	0	22000	5000	0	9500	60689																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Minimum	0	0	0	0	0	0	1734	0	0	6211	0	0	0	-8713	0	0	0	3631	0	466	0	0	0	0	-4067	0	0	0	3500	3500																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Total for the whole year					0.00	0.00	24.10	0.00	0.00	54.56	0.00	0.00	-78.66	70.00	0.00	0.00	60.21	0.00	4.09	20.76	0.48	-15.55	58.09	7.59	0.00	86.58	156.44																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
TWh/year					0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-78.66	70.00	0.00	0.00	60.21	0.00	4.09	20.76	0.48	-15.55	58.09	7.59	0	0	0	86.58	156.44																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Own use of heat from industrial CHP: 0.00 TWh/year																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
NATURAL GAS EXCHANGE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
ANNUAL COSTS (Million TRY)					DHP & CHP					PP					Individual					Trans					Indu.					Demand					Bio-					Syr-					CO2Hy					SynHy					SynHy					Storage					Sum					Im-port					Ex-port																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
					Boilers					CHP					CAES					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW				

Çizelge 7.1. 2030 Türkiye projeksiyonu %20 hidrojen karışımı simülasyon rapor çıktısı

EK-8. 2050 Türkiye Projeksiyon Alternatif-1 Teknik Simülasyon

Input		2050Turkey.txt										The EnergyPLAN model 14.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Electricity demand (TWh/year):		Flexible demand 25.00										Group 2:		Capacities		Efficiencies		Regulation Strategy:		Market regulation NEW		Fuel Price level: Basic		Capacities Storage Efficiencies																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Fixed demand		970,19										MW+e		MJ/s		elec.		CEP		Minimum Stabilisation share		100000000		MW+e		Ther.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Electric heating + HP		35,75										CHP		0		0,40		0,50		Minimum CHP gr 3 load		0,30		Hydro Pump: 1000		5		0,80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Electric cooling		8,00										Heat Pump		0		0		3,00		Stabilisation share of CHP		0,00		Hydro Turbine: 1000		5		0,80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
		Total										1044,94		Boiler		0		0,90		Minimum PP		12204		MW		Electrol. Gr.2: 0		0		0,80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
District heating (TWh/year)		Gr.1										Gr.2		Gr.3		Sum		Group 3:		Minimum CHP gr 3 load		2905		MW		Electrol. Gr.3: 0		0		0,80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
District heating demand		0,00										0,00		70,00		70,00		CHP		10000 12500		0,40		0,50		Heat Pump maximum share		0,50		0,80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Solar Thermal		0,00										0,00		0,00		0,00		Heat Pump		0		0		3,00		Maximum import/export		2500		MW																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Industrial CHP (CSHP)		0,00										0,00		0,00		0,00		Boiler		0		0		0,90		Dist. Name		Hour_nordpool bt		0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Demand after solar and CSHP		0,00										0,00		70,00		70,00		Condensing		40000		0,45		Dependency factor		2,00		TRY/MWh		pr. MW																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Wind		25000 MW										51,25 TWh/year		0,00		Grid		Heats storage: gr.2:		0 GWh		gr.3:		0 GWh		Per cent		Electricity prod. from		CSHP		Waste		(TWh/year)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Photo Voltaic		10000 MW										13,44 TWh/year		0,00		stabil-		Fixed Boiler: gr.2:		0 GWh		gr.3:		0 GWh		Per cent		Electricity prod. from		CSHP		Waste		(TWh/year)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Offshore Wind		0 MW										0 TWh/year		0,00		share		Electricity prod. from		CSHP		Waste		(TWh/year)		Gr.1:		0,00		0,00		0,00		0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
River Hydro		38000 MW										106,73 TWh/year		0,00		share		Electricity prod. from		CSHP		Waste		(TWh/year)		Gr.2:		0,00		0,00		0,00		0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Hydro Power		38000 MW										89,59 TWh/year		0,00		share		Electricity prod. from		CSHP		Waste		(TWh/year)		Gr.3:		0,00		0,00		0,00		0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Geothermal/Nuclear		14600 MW										104,69 TWh/year		0,00		share		Electricity prod. from		CSHP		Waste		(TWh/year)		Gr.3:		0,00		0,00		0,00		0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Output		WARNING!!: (1) Critical Excess; (3) PP/Import problem																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Demand		District Heating Production										Consumption										Electricity										Balance										Exchange																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Distr. heating		Solar										Waste+ CHSP DHP										CHP										HP										ELT										Boiler										EH										Balance										Elec. demand										Flex. Transp.										H2 Electrolyser										Hydro Pump										Turbine										RES										Hydro										Geo-thermal										Waste+ CHSP										CHP										PP										MW										Stab. Load %										Imp										Exp										CEEP										EIP										Payment										Million TRY										Imp										Exp																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
MW		MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW										MW									

EK-9. 2050 Türkiye Projeksiyon Alternatif-1 Market Simülasyonu

Input

2050Turkey.txt

Electricity demand (TWh/yr):

Fixed demand

970.19

Flexible demand

25.00

Fixed flex/exp.

0.00

Electric heating + HP

35.75

Transportation

6.00

Electric cooling

8.00

Total

1044.94

Group 2:

CHP

0

Capacities

MW-e

0

Efficiencies

elec.

0.40

COP

3.00

Group 3:

CHP

10000

Capacities

MW-e

12500

Efficiencies

elec.

0.40

COP

3.00

Heat Pump

0

Capacities

MW-e

0

Efficiencies

elec.

0.90

COP

3.00

Boiler

0

Capacities

MW-e

0

Efficiencies

elec.

0.90

COP

3.00

Condensing

40000

Capacities

MW-e

0

Efficiencies

elec.

0.45

COP

0.45

Regulation strategy

CEEP regulation

100000000

Technical regulation no. 2

0.00

Fuel price level: Basic

0.00

Minimum Stabilisation share

0.30

Stabilisation share of CHP

0.00

Minimum CHP gr 3 load

2905

Minimum PP

12204

Minimum PP maximum share

0.60

Maximum import/export

2500

Dist. Name

Hour_nordpob.txt

Addition factor

0.00

TRY/MWh

2.00

Multiplication factor

0.00

TRY/MWh pr. MW

2.00

Dependency factor

0.00

TRY/MWh pr. MW

2.00

Average Market Price

227

Gas Storage

0

GWh

0.00

Syngas capacity

0

MW

0.00

Biomass max to grid

0

MW

0.00

Heatstorage: gr.2:

0

GWh

0.00

gr.3:

0

GWh

0.00

Fixed Boiler: gr.2:

0

Per cent

0.00

gr.3:

0

Per cent

0.00

Electricity prod. from

CSHP

Waste

(TWh/Year)

Gr.1:

0.00

0.00

Gr.2:

0.00

0.00

Gr.3:

0.00

0.00

Capacities Storage

Efficiencies

MW-e

GWh

elec.

Ther.

Hydro Pump:

1000

5

0.80

Hydro Turbine:

1000

0.90

0.10

Electrol. Gr.2:

0

0.80

0.10

Electrol. Gr.3:

0

0.80

0.10

Electrol. Trans:

0

0.80

0.10

Ely. MicroCHP:

0

0.80

0.80

CAES fuel ratio:

0.000

(TWh/Year)

Coal

Oil

Ngas

Biomass

Transport

0.00

535.00

5.00

0.00

Household

80.00

0.40

150.00

102.50

Industry

200.00

80.00

160.00

25.00

Various

280.00

50.00

180.00

8.00

Output

WARNING!!: (3) PP/Import problem

	Demand	District Heating														Electricity														Balance				Exchange	
		Production								Consumption								Production								Balance				Payment Million TRY	Exp Million TRY				
		DISH				Waste*				Elec. GW	Flex.* MW	Trans. MW	HP MW	Eco- troyler MW	EH MW	Hydro Pump MW	Tur- bine MW	RES MW	Hy- dro MW	Geo- thermal MW	Waste* MW	CHP MW	PP MW	Stab- Load %	Imp MW	Exp MW	CEEP MW	EEP MW							
		Solar MW	CSHP MW	DHP MW	CHP MW	HP MW	ELT MW	Boiler MW	EH MW																				CHP MW			CSHP MW	DHP MW	CHP MW	HP MW
January	17659	0	4266	0	12169	0	0	0	1224	117	3527	1506	0	585	0	0	15580	10175	12540	46	9735	69455	290	5178	0	0	0	0	1363	0					
February	16381	0	4367	0	10206	0	0	0	112	115	3529	1846	0	717	0	0	20450	11771	11484	46	9621	64601	276	3148	0	0	0	0	450	0					
March	12045	0	4455	0	10221	0	0	0	-2631	109	3535	2159	0	839	0	0	22608	11708	11269	46	8177	61169	268	1034	13	0	13	194	2						
April	8756	0	4357	0	8198	0	0	0	-3709	107	3529	2620	0	1021	0	0	27059	11655	10859	46	6497	57273	256	283	13	0	13	45	2						
May	0	0	3652	0	3631	0	0	0	-7583	101	3534	3519	0	1367	0	0	24593	8921	11391	46	2905	61443	269	624	17	0	17	108	4						
June	0	0	4261	0	3631	0	0	0	-7892	107	3537	3695	0	1552	0	0	32311	11523	11071	46	2905	56400	242	245	16	0	26	190	5						
July	0	0	4139	0	3631	0	0	0	-7770	119	3530	4133	0	1606	0	0	32112	11848	11907	46	2905	67463	252	2403	15	0	15	182	3						
August	0	0	4112	0	3631	0	0	0	-7743	124	3530	4227	0	1641	0	0	30460	11987	12170	46	2905	71403	257	3960	0	0	0	0	679	0					
September	0	0	4344	0	3631	0	0	0	-7675	111	3532	3736	0	1451	0	0	21391	8765	10950	46	2905	72024	274	3215	0	0	0	0	585	0					
October	9613	0	4379	0	8428	0	0	0	-3194	96	3538	3220	0	1251	5	4	17345	8048	11506	46	6742	59599	277	944	46	0	46	173	8						
November	13452	0	5290	0	10674	0	0	0	-2713	113	3530	2505	0	973	0	0	13023	8062	13252	46	8699	70746	296	8884	0	0	0	0	1004	0					
December	17953	0	5349	0	12187	0	0	0	417	118	3529	1666	0	647	0	0	12332	7666	13729	46	9749	71462	298	9804	0	0	0	0	1739	0					
Average	7969	0	4438	0	7669	0	0	0	-4138	111	3532	2931	0	1138	0	0	22359	10200	11918	46	6135	65277	271	3038	11	0	11	Average price (TRY/MWh)							
Maximum	28990	0	5521	0	12500	0	0	0	11198	174	28004	6039	0	2345	1000	93380	21605	18377	46	10000	85095	322	37154	2500	0	2500	0	2500	255						
Minimum	0	0	2996	0	3631	0	0	0	-8837	46	-716	0	0	0	0	0	3800	4321	10122	46	2905	12204	100	0	0	0	0	0	0	0					
TWh/Year	70.00	0.00	38.99	0.00	67.37	0.00	0.00	0.00	0.00	-36.35	978	31.02	25.75	0.00	10.00	0.00	0.00	196.40	89.60	104.69	0.40	53.89	573.39	26.69	0.10	0.10	0.10	0.10	6812	24.00					

FUEL BALANCE (TWh/Year):

DHP

CHP3

CHP3

Boiler2

Boiler3

PP

GeoNo

Hydro

Waste

CAES

BioCan

Electro-
Elcly.

version

Fuel

PV and
CSP

Wind off
CSP

Wind off
Hydro

Solar.Thr.

Transp.

Household

Various

Industry

Imp/Exp

Corrected
Imp/Exp

Net

CO2 emission (Mt):

Total

Net

Coal

-

3.92

-

-

-

660.02

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

80.00

480.00

122.94

36.66

1260.60

418.59

431.13

Oil

-

2.62

-

-

-

16.28

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

535.00

0.40

130.00

687.89

1.08

688.97

183.25

183.54

N.Gas

-

117.73

-

-

-

572.88

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

155.00

340.00

1335.61

20.49

1356.09

274.21

308.01

Biomass

-

10.46

-

-

-

25.03

-

14.00

-

-

10.61

-

-

-

-

-

-

-

102.50

33.00

105.61

0.36

196.47

1.41

164.04

Renewable

-

-

-

-

-

-

62.80

89.60

-

-

-

-

66.14

51.38

-

168.49

-

-

-

-

348.80

0.00

348.80

0.00

0.00

0.00

H2 etc

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

Biofuel

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

Nuclear/ICS

-

-

-

-

-

-

-

231.60

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

0.00

0.00

231.60

0.00

0.00

0.00

Total

-

-

134.73

-

-

1274.21

294.40

89.60

7.60

-

-

-

66.14

51.38

-

168.49

-

-

-

803.40

336.50

983.00

4023.45

59.09

4082.54

877.69

925.32

31-Oct-2021 [21:55]

Output specifications

2050Turkey.txt

The EnergyPLAN model 9.4.1



District Heating Production																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Gr.1					Gr.2										Gr.3										RES specification																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
District heating	Solar	CSHP	DHP	MW	District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Balance	District heating	Solar	CSHP	CHP	HP	ELT	Boiler	EH	Storage	Balance	RES1 Wind	RES2 Photo V	RES3 Offsho	RES4 4-wind	RES5 Total																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
January	0	0	0	0	0	3954	0	0	0	0	0	0	-3954	17659	0	311	12169	0	0	0	0	0	0	5179	5595	709	0	9200	15545																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
February	0	0	0	0	0	4056	0	0	0	0	0	0	-4056	16381	0	311	12026	0	0	0	0	0	0	4043	7196	1118	0	11726	20450																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
March	0	0	0	0	0	4144	0	0	0	0	0	0	-4144	12045	0	311	10221	0	0	0	0	0	0	1512	8298	1538	0	12208	22808																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
April	0	0	0	0	0	4046	0	0	0	0	0	0	-4046	8756	0	311	8108	0	0	0	0	0	0	337	8200	1949	0	15425	27093																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
May	0	0	0	0	0	3640	0	0	0	0	0	0	-3640	0	0	311	3631	0	0	0	0	0	0	-3943	7386	2412	0	13419	24593																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
June	0	0	0	0	0	3949	0	0	0	0	0	0	-3949	0	0	311	3631	0	0	0	0	0	0	-3943	10351	2677	0	17172	32311																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
July	0	0	0	0	0	3827	0	0	0	0	0	0	-3827	0	0	311	3631	0	0	0	0	0	0	-3943	10664	2727	0	16121	32121																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
August	0	0	0	0	0	3800	0	0	0	0	0	0	-3800	0	0	311	3631	0	0	0	0	0	0	-3943	10226	2592	0	16804	30460																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
September	0	0	0	0	0	4032	0	0	0	0	0	0	-4032	0	0	311	3631	0	0	0	0	0	0	-3943	7113	2053	0	17187	21391																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
October	0	0	0	0	0	4068	0	0	0	0	0	0	-4068	9613	0	311	8428	0	0	0	0	0	0	874	6529	1344	0	8926	17345																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
November	0	0	0	0	0	4979	0	0	0	0	0	0	-4979	13452	0	311	10874	0	0	0	0	0	0	2266	4295	908	0	7653	13023																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
December	0	0	0	0	0	5038	0	0	0	0	0	0	-5038	17953	0	311	12187	0	0	0	0	0	0	5455	4480	701	0	7056	12332																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Average	0	0	0	0	0	4127	0	0	0	0	0	0	-4127	7969	0	311	7669	0	0	0	0	0	0	-12	7529	1729	0	12150	22359																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Maximum	0	0	0	0	0	5209	0	0	0	0	0	0	-2884	28990	0	311	12500	0	0	0	0	0	0	16178	25000	10000	0	51400	93380																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Minimum	0	0	0	0	0	2884	0	0	0	0	0	0	-5209	0	0	311	3631	0	0	0	0	0	0	-3943	0	0	0	3800	3800																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Total for the whole year																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
TWh/year	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-36,25	70,00	0,00	2,74	67,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,10	66,14	15,18	0,00	106,73	196,40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Own use of heat from industrial CHP: 0,00 TWh/year																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
NATURAL GAS EXCHANGE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
ANNUAL COSTS (Million TRY)					DHP & Boilers					CHP2 CHP3					PP CAES					Individual					Trans port					Indu. Var.					Demand Sum					Bio-gas					Syn-gas					CO2Hy gas					Synthy gas					Synthy gas					Storage					Res2					Im-port					Ex-port																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW					MW				

Çizelge 9.1. 2050 Türkiye projeksiyonu market simülasyon rapor çıktısı

EK-10. 2050 Türkiye Projeksiyon Alternatif-2 %20 Düşük Kapasite

Input 2050Turkey.txt														The EnergyPLAN model 14.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Electricity demand (TWh/year):				Flexible demand 25,00				Capacities				Efficiencies				Regulation Strategy:				Technical regulation no. 2				Fuel Price level: Basic				Capacities Storage Efficiencies																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Fixed demand 970,19				Fixed imp/exp. 0,00				MW-e MJ/s				elec. Ther COP				CEEP regulation				100000000				MW-e GWh elec. Ther.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Electric heating + HP 35,75				Transportation 6,00				0 0 0,40 0,50				3,00				Minimum Stabilisation share 0,30				0,00				Hydro Pump: 1000 5 0,80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Electric cooling 8,00				Total 1044,94				0 0 0,90				3,00				Minimum CHP gr 3 load 2905				MW				Hydro Turbine: 1000 0 0,80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
District heating (TWh/year)				Gr.1 Gr.2 Gr.3 Sum				0 0 0,90				3,00				Minimum PP 12204				MW				Electrol. Gr.2: 0 0 0,80 0,10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
District heating demand 0,00				0,00 0,00 70,00 70,00				CHP: 8000 10000 0,40 0,50				3,00				Heat Pump maximum share 0,50				2500 MW				Electrol. Gr.3: 0 0 0,80 0,10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Solar Thermal 0,00				0,00 0,00 0,00 0,00				Heat Pump 0 0 0,90 3,00				3,00				Maximum import/export 2500				MW				Electrol. trans.: 0 0 0,80 0,10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Industrial CHP (CSHP) 0,00				0,00 0,00 0,00 0,00				Boiler 0 0 0,90 3,00				3,00				Distr. Name : Hour_nordpool.txt				MW				Ely. MicroCHP: 0 0 0,80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Demand after solar and CSHP 0,00				0,00 0,00 70,00 70,00				Condensing 32000 0 0,45				3,00				Addition factor 0,00				TRY/MWh				CAES fuel ratio: 0,000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Wind 20000 MW				52,94 TWh/year 0,00 Grid				Heat storage: gr.2: 0 GWh gr.3: 0 GWh				0,00				227 TRY/MWh				0,00				(TWh/year) Coal Oil Gas Biomass																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Photo Voltaic 8000 MW				12,15 TWh/year 0,00 stable				Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent gr.3: 0,0 Per cent				0,00				Dependency factor 0,00				TRY/MWh pr. MW				Transport 0,00 535,00 5,00 0,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Offshore Wind 0 MW				0 TWh/year 0,00 sation				Electricity prod. from CSHP Waste (TWh/year)				0,00				Average Market Price 227				TRY/MWh				Household 80,00 4,00 150,00 102,50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
River Hydro 30400 MW				85,38 TWh/year 0,00 share				Gr.1: 0,00 0,00				0,00				Gas Storage 0				GWh				Industry 200,00 80,00 160,00 25,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Hydro Power 30400 MW				89,6 TWh/year				Gr.2: 0,00 0,00				0,00				Syngas capacity 0				MW				Various 280,00 50,00 180,00 8,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Geothermal/Nuclear 11680 MW				83,75 TWh/year				Gr.3: 0,00 0,00				0,00				Biogas max to grid 0				MW																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
Output WARNING!!: (3) PP/Import problem																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
District Heating															Electricity															Balance															Exchange																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Demand		Waste*				Production				Consumption								Production								Balance								Payment																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Distr. heating		Solar		CSHP		DHP		CHP		HP		ELT		MW		Boiler		EH		MW		Elec. demand		Flex.*		Transp.		HP		MW		Elec. storage		EH		MW		Hydro		MW		Turbine		RES		MW		Hydro		MW		Geo		MW		Waste*		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW		MW	

EK-11. 2050 Türkiye Projeksiyon Alternatif-3 %20 Yüksek Kapasite

Input

2050Turkey.txt

Electricity demand (TWh/year):

Fixed demand 970.19

Electric heating + HP 35.75

Electric cooling 8.00

Flexible demand 25.00

Fixed input 0.00

Transportation 6.00

Total 1044.94

Group 2:

CHP

Heat Pump

Boiler

Capacities

0

0

0

Efficiencies

elec.

Ther

COP

0

0.40

0.50

3.00

Group 3:

CHP

Heat Pump

Boiler

Condensing

12000

15000

0

48000

0.40

0.50

0.90

0.45

0

0.90

0.90

0.45

Regulation Strategy:

CEEP regulation

Minimum stabilisation

Minimum CHP gr 3 load

Minimum PP

Heat Pump import/export

Maximum import/export

10000000

0.30

2905

12204

0.50

2500

Technical regulation no. 2

0.30

2905

12204

0.50

2500

Fuel Price level: Basic

Capacities Storage Efficiencies

MW-e

GWh

elec. Ther.

Hydro Pump:

1000

5.80

0.90

Hydro Turbines:

1000

0.90

0.90

Electrol. Gr.2:

0

0.80

0.10

Electrol. Gr.3:

0

0.80

0.10

Electrol. trans:

0

0.80

0.80

CAES Fuel ratio:

0

0.80

0.000

Wind

30000

MW

78.68

TWh/year

0.00

Grid

Photo Voltaic

12000

MW

18.18

TWh/year

0.00

stabilisation

Offshore Wind

0

MW

0

TWh/year

0.00

station

River Hydro

45000

MW

128.08

TWh/year

0.00

share

Hydro Power

45000

MW

107.52

TWh/year

0.00

share

Geothermal/Nuclear

17520

MW

125.63

TWh/year

0.00

share

Heatstorage: gr.2: 0 GWh

gr.3: 0 GWh

Fixed Boiler: gr.2: 0.0

Per cent

gr.3: 0.0

Per cent

Electricity prod. from CSHP

Waste

Gr.1:

0.00

0.00

0.00

Gr.2:

0.00

0.00

0.00

Gr.3:

0.00

0.00

0.00

Distr. net

Hour_nordpool

Addition factor

Multiplication factor

Dependency factor

Average Market Price

Gas Storage

Syngas capacity

Biogas max to grid

0

2.00

0

0

0

227

0

0

TRY/MWh

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

Output specifications

2050Turkey.txt

The EnergyPLAN model 14.1



District Heating Production												RES specification																	
Gr.1				Gr.2								Gr.3								RES specification									
District heating	Solar MW	CSHP MW	DHP MW	District heating	Solar MW	CSHP MW	CHP MW	HP MW	ELT MW	Boiler MW	EH MW	Storage MW	Balancing MW	District heating	Solar MW	CSHP MW	CHP MW	HP MW	ELT MW	Boiler MW	EH MW	Storage MW	Balancing MW	RES1 Wind GW	RES2 Photo GW	RES3 Offsho GW	RES4 4-7 ind GW	Total GW	
January	0	0	0	0	0	4691	0	0	0	0	0	0	-4691	17659	0	311	14127	0	0	0	0	0	0	3220	7	1	0	11	19
February	0	0	0	0	0	4811	0	0	0	0	0	0	-4811	16381	0	311	13709	0	0	0	0	0	0	2261	9	1	0	14	25
March	0	0	0	0	0	4915	0	0	0	0	0	0	-4915	12045	0	311	11148	0	0	0	0	0	0	585	10	1	0	15	27
April	0	0	0	0	0	4799	0	0	0	0	0	0	-4799	8756	0	311	8473	0	0	0	0	0	0	-28	10	2	0	19	32
May	0	0	0	0	0	4320	0	0	0	0	0	0	-4320	0	0	311	3631	0	0	0	0	0	0	-3943	9	3	0	16	29
June	0	0	0	0	0	4685	0	0	0	0	0	0	-4685	0	0	311	3631	0	0	0	0	0	0	-3943	12	3	0	21	38
July	0	0	0	0	0	4541	0	0	0	0	0	0	-4541	0	0	311	3631	0	0	0	0	0	0	-3943	13	3	0	19	37
August	0	0	0	0	0	4509	0	0	0	0	0	0	-4509	0	0	311	3631	0	0	0	0	0	0	-3943	12	3	0	19	37
September	0	0	0	0	0	4784	0	0	0	0	0	0	-4784	0	0	311	3631	0	0	0	0	0	0	-3943	9	2	0	13	26
October	0	0	0	0	0	4825	0	0	0	0	0	0	-4825	9613	0	311	8975	0	0	0	0	0	0	326	8	2	0	11	21
November	0	0	0	0	0	5903	0	0	0	0	0	0	-5903	13452	0	311	12028	0	0	0	0	0	0	1112	5	1	1	9	16
December	0	0	0	0	0	5972	0	0	0	0	0	0	-5972	17953	0	311	14103	0	0	0	0	0	0	3538	5	1	0	8	15
November	0	0	0	0	0	5903	0	0	0	0	0	0	-5903	13452	0	311	12028	0	0	0	0	0	0	1112	5	1	0	9	16
December	0	0	0	0	0	5972	0	0	0	0	0	0	-5972	17953	0	311	14103	0	0	0	0	0	0	3538	5	1	0	8	15
Average	0	0	0	0	0	4895	0	0	0	0	0	0	-4895	7969	0	311	8380	0	0	0	0	0	0	-723	9	2	0	15	27
Maximum	0	0	0	0	0	6175	0	0	0	0	0	0	-3190	26990	0	311	15000	0	0	0	0	0	0	13678	30	12	0	62	107
Minimum	0	0	0	0	0	3190	0	0	0	0	0	0	-6175	0	0	311	3631	0	0	0	0	0	0	-3943	0	0	0	5	5
Total for the whole year				TWh/year				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.74	73.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-6.35	79	18	0	128	235	
Own use of heat from industrial CHP: 0.00 TWh/year																													
NATURAL GAS EXCHANGE																													
ANNUAL COSTS (Million TRY)																													
Total Fuel ex Ngas exchange = 0																													
Uranium = 0																													
Coal = 0																													
FuelOil = 0																													
GasOil/Diesel= 0																													
Petrol/LP = 0																													
Gas handling = 0																													
Biomass = 0																													
Food income = 0																													
Waste = 0																													
Total Ngas Exchange costs = 0																													
Marginal operation costs = 0																													
Total Electricity exchange = 58																													
Import = 169																													
Export = -112																													
Bottleneck = 2																													
Fixed expense = 0																													
Total for the whole year																													
TWh/year 0.00 128.64 482.62 150.00 5.00 340.00 1106.26 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 1106.26 1106.26 0.00																													
Total variable costs = 170393																													
Fixed operation costs = 0																													
Annual Investment costs = 0																													
Total ANNUAL COSTS = 170393																													
RES Share: 15.2 Percent of Primary Energy 38.3 Percent of Electricity 387.1 TWh electricity from RES																													
31-Oct-2021 123:12																													

Çizelge 11.1. 2050 Türkiye projeksiyonu %20 yüksek kapasite simülasyon rapor çıktısı

EK-12. 2050 Türkiye Projeksiyon Alternatif-4 %5 Hidrojen Karışımı

Input 2050TurkeyH2added%5.txt										The EnergyPLAN model 14.1									
Electricity demand (TWh/year):					Flexible demand 25,00					Fixed demand 970,19					Fixed implep. 0,00				
Electric heating + HP					35,75					Transportation 6,00					Total 1044,94				
Electric cooling					8,00														
District heating (TWh/year)					Gr.1 Gr.2 Gr.3 Sum					0,00 0,00 70,00 70,00									
District heating demand					0,00 0,00 70,00 70,00														
Solar Thermal					0,00 0,00 0,00 0,00														
Industrial CHP (CSHP)					0,00 0,00 0,00 0,00														
Demand after solar and CSHP					0,00 0,00 70,00 70,00														
Wind					30000 MW 79,13 TWh/year 0,00 Grid														
Photo Voltaic					12000 MW 18,21 TWh/year 0,00 stabili-														
Offshore Wind					0 MW 0 TWh/year 0,00 sation														
River Hydro					45600 MW 128,08 TWh/year 0,00 share														
Hydro Power					45600 MW 107,52 TWh/year														
Geothermal/Nuclear					17520 MW 125,63 TWh/year														
Heatstorage: gr.2: 0 GWh					gr.3: 0 GWh														
Fixed Boiler: gr.2: 0,0 Per cent					gr.3: 0,0 Per cent														
Electricity prod. from CSHP					Waste (TWh/year)														
Gr.1:					0,00 0,00														
Gr.2:					0,00 0,00														
Gr.3:					0,00 0,00														
Capacities					MW-e Mjls elec. Ther COP														
Group 2: CHP					0 0 0,40 0,50														
Heat Pump					0 0 0,90 3,00														
Boiler					0 0 0,90														
Group 3: CHP					12000 15000 0,40 0,50														
Heat Pump					0 0 0,90 3,00														
Boiler					0 0 0,90														
Condensing					48000 0,45														
Regulation Strategy:					Technical regulation no. 2														
CEEP regulation					100000000														
Minimum Stabilisation share					0,30														
Stabilisation share of CHP					0,00														
Minimum CHP gr.3 load					2905 MW														
Minimum PP					12204 MW														
Heat Pump maximum share					0,50														
Maximum import/export					2500 MW														
Distr. Name :					Hour_nordpool.txt														
Addition factor					0,00 TRY/MWh														
Multiplication factor					2,00														
Dependency factor					0,00 TRY/MWh pr. MW														
Average Market Price					227 TRY/MWh														
Gas Storage					0 GWh														
Syngas capacity					0 MW														
Biogas max to grid					0 MW														
Fuel Price level: Basic																			
Capacities Storage Efficiencies					MW-e GWh elec. Ther.														
Hydro Pump:					1000 5 0,80														
Hydro Turbine:					1000 0,80														
Electrol. Gr.2:					0 0 0,80 0,10														
Electrol. Gr.3:					0 0 0,80 0,10														
Electrol. trans.:					10000 1000 0,80														
Ely. MicroCHP:					0 0 0,80														
CAES fuel ratio:					0,000														
(TWh/year)					Coal Oil Ngas Biomass														
Transport					0,00 535,00 5,00 0,00														
Household					80,00 4,00 150,00 102,50														
Industry					200,00 80,00 100,00 25,00														
Various					230,00 50,00 121,00 8,00														

EK-13. 2050 Türkiye Projeksiyon Alternatif-5 %10 Hidrojen Karışımı

Output specifications				2050TurkeyH2added%10.txt												The EnergyPLAN model 14.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
District Heating Production																	RES specification																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Gr.1				Gr.2								Gr.3								RES1					RES2					RES3					RES Total																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
District heating MW	Solar MW	CSPH MW	DHP MW	District heating MW	Solar MW	CSPH MW	CHP MW	HP MW	ELT MW	Boiler MW	EH MW	Storage MW	Balance MW	District heating MW	Solar MW	CSPH MW	CHP MW	HP MW	ELT MW	Boiler MW	EH MW	Storage MW	Balance MW	RES1 Wind GW	RES2 Photo GW	RES3 Offsho 4-7 GW	RES Total GW	Wind GW	Photo GW	Offsho 4-7 GW	GW	GW																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
January	0	0	0	0	0	0	4691	0	0	0	0	0	-4691	17659	0	311	14054	0	232	0	0	0	0	3061	7	1	0	0	11	19																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
February	0	0	0	0	0	0	4811	0	0	0	0	0	-4811	16381	0	311	13605	0	232	0	0	0	0	2233	9	1	0	14	25																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
March	0	0	0	0	0	0	4915	0	0	0	0	0	-4915	12545	0	311	10992	0	232	0	0	0	0	509	10	2	0	15	27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
April	0	0	0	0	0	0	4799	0	0	0	0	0	-4799	8766	0	311	8293	0	232	0	0	0	0	-41	10	2	0	14	26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
May	0	0	0	0	0	0	4320	0	0	0	0	0	-4320	0	0	311	3631	0	232	0	0	0	0	-4175	9	3	0	16	29																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
June	0	0	0	0	0	0	4685	0	0	0	0	0	-4685	0	0	311	3631	0	232	0	0	0	0	-4175	12	3	0	21	39																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
July	0	0	0	0	0	0	4541	0	0	0	0	0	-4541	0	0	311	3631	0	232	0	0	0	0	-4175	13	3	0	19	37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
August	0	0	0	0	0	0	4509	0	0	0	0	0	-4509	0	0	311	3631	0	232	0	0	0	0	-4175	12	3	0	19	37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
September	0	0	0	0	0	0	4784	0	0	0	0	0	-4784	0	0	311	3631	0	232	0	0	0	0	-4175	9	2	0	13	26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
October	0	0	0	0	0	0	4825	0	0	0	0	0	-4825	9613	0	311	8852	0	232	0	0	0	0	-218	8	2	0	11	21																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
November	0	0	0	0	0	0	5903	0	0	0	0	0	-5903	13452	0	311	11885	0	232	0	0	0	0	-1023	5	1	0	9	16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
December	0	0	0	0	0	0	5972	0	0	0	0	0	-5972	17953	0	311	14030	0	232	0	0	0	0	-3380	5	1	0	8	15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Average	0	0	0	0	0	0	4895	0	0	0	0	0	-4895	7969	0	311	8309	0	232	0	0	0	0	-884	9	2	0	15	27																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Maximum	0	0	0	0	0	0	6175	0	0	0	0	0	-6175	28990	0	311	15500	0	232	0	0	0	0	-13446	30	12	0	62	107																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Minimum	0	0	0	0	0	0	3190	0	0	0	0	0	-3190	0	0	311	3631	0	232	0	0	0	0	-4175	0	0	0	5	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Total for the whole year																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
TWh/year				0,00 0,00 0,00 0,00												0,00 0,00 43,00 0,00 0,00 0,00 0,00 -43,00												70,00 0,00 2,74 72,99 0,00 2,04 0,00 0,00 -7,77												79 18 0 128 235																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Own use of heat from industrial CHP: 0,00 TWh/year																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
NATURAL GAS EXCHANGE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
ANNUAL COSTS (Million TRY)								DHP & Boilers MW				CHP2 CHP3 MW				PP CAES MW				Individual MW				Trans port MW				Indu. Var. Sum MW				Demand Sum MW				Bio-gas MW				CO2Hy gas MW				Synrh gas MW				Synrhly gas MW				Storage MW				Sum MW				Im-port MW				Exp-ort MW																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Total Fuel ex Ngas exchange =				0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																</			

Çizelge 13.1. 2050 Türkiye projeksiyonu %10 hidrojen karışımı simülasyon rapor çıktısı

EK-14. 2050 Türkiye Projeksiyon Alternatif-6 %20 Hidrojen Karışımı

Output specifications													2050TurkeyH2added.txt													The EnergyPLAN model 14.1																												
													District Heating Production																																									
Gr.1					Gr.2								Gr.3								RES specification																																	
District heating					Solar		CSPH		CHP		HP		ELT		Boiler		EH		Storage		Balance		District heating		Solar		CSPH		CHP		HP		ELT		Boiler		EH		Storage		Balance		RES1		RES2		RES3		RES Total					
heating	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW	MW				
January	0	0	0	0	0	0	4691	0	0	0	0	0	0	0	-4691	17659	0	311	13973	0	464	0	0	0	0	2910	7	1	0	11	25																							
February	0	0	0	0	0	0	4811	0	0	0	0	0	0	0	-4811	16381	0	311	13497	0	464	0	0	0	0	2108	9	1	0	14	25																							
March	0	0	0	0	0	0	4915	0	0	0	0	0	0	0	-4915	12945	0	311	10832	0	464	0	0	0	0	437	10	2	0	15	27																							
April	0	0	0	0	0	0	4799	0	0	0	0	0	0	0	-4799	8756	0	311	8117	0	464	0	0	0	0	-136	10	2	0	19	32																							
May	0	0	0	0	0	0	4320	0	0	0	0	0	0	0	-4320	0	0	311	3631	0	464	0	0	0	0	-4407	9	3	0	16	29																							
June	0	0	0	0	0	0	4685	0	0	0	0	0	0	0	-4685	0	0	311	3631	0	464	0	0	0	0	-4407	12	3	0	21	39																							
July	0	0	0	0	0	0	4541	0	0	0	0	0	0	0	-4541	0	0	311	3631	0	464	0	0	0	0	-4407	13	3	0	19	37																							
August	0	0	0	0	0	0	4509	0	0	0	0	0	0	0	-4509	0	0	311	3631	0	464	0	0	0	0	-4407	12	3	0	19	37																							
September	0	0	0	0	0	0	4784	0	0	0	0	0	0	0	-4784	0	0	311	3631	0	464	0	0	0	0	-4407	9	2	0	13	26																							
October	0	0	0	0	0	0	4825	0	0	0	0	0	0	0	-4825	9613	0	311	8710	0	464	0	0	0	0	127	8	2	0	11	21																							
November	0	0	0	0	0	0	5903	0	0	0	0	0	0	0	-5903	13452	0	311	11738	0	464	0	0	0	0	937	5	1	0	9	16																							
December	0	0	0	0	0	0	5072	0	0	0	0	0	0	0	-5072	17093	0	311	13062	0	464	0	0	0	0	3226	5	1	0	8	15																							
Average	0	0	0	0	0	0	4895	0	0	0	0	0	0	0	-4895	7969	0	311	8235	0	464	0	0	0	0	-1042	9	2	0	15	27																							
Maximum	0	0	0	0	0	0	6175	0	0	0	0	0	0	0	-3190	28990	0	311	15000	0	464	0	0	0	0	13214	30	12	0	62	112																							
Minimum	0	0	0	0	0	0	3190	0	0	0	0	0	0	0	-6175	0	0	311	3631	0	464	0	0	0	0	-4407	0	0	0	5	5																							
Total for the whole year																																																						
TWh/year: 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 43,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 -43,00 70,00 0,00 2,74 72,34 0,00 4,08 0,00 0,00 -9,16 19 18 0 128 236																																																						
Own use of heat from industrial CHP: 0,00 TWh/year																																																						
ANNUAL COSTS (Million TRY)																																																						
Total Fuel ex Ngas exchange = 0																																																						
Uranium = 0																																																						
Coal = 0																																																						
FuelOil = 0																																																						
Gasoil/Diesel= 0																																																						
Petrol/JIP = 0																																																						
Gas handling = 0																																																						
Biomass = 0																																																						
Food income = 0																																																						
Waste = 0																																																						
Total Ngas Exchange costs = 0																																																						
Marginal operation costs = 0																																																						
Total Electricity exchange = 1106																																																						
Import = 1160																																																						
Export = -54																																																						
Bottleneck = 0																																																						
Fixed implex = 0																																																						
Total CO2 emission costs = 177137																																																						
Total variable costs = 178243																																																						
Fixed operation costs = 0																																																						
Annual Investment costs = 0																																																						
TOTAL ANNUAL COSTS = 178243																																																						
RES.Share: 14.9 Percent of Primary Energy 35.7 Percent of Electricity 388.1 TWh electricity from RES 03-haziran2021 (22-55)																																																						

Çizelge 14.1. 2050 Türkiye projeksiyonu %20 hidrojen karışımı simülasyon rapor çıktısı

MINTEPI
BINTEPI)

[illegible]

Çizelge 15.1. 2018 Türkiye enerji denge tablosu



GAZİ GELECEKTİR..