



İl Bazında Enerji Dengesi Analizi: Karabük Örneği

Seyfi ŞEVİK*

Hitit Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü, 19169, Çorum,

Öz

Bu çalışmanın amacı; Karabük ilinin enerji arz-talep dengesini ortaya koymak, bu denge içerisinde kahverengi ve yeşil enerjilerin payını ve bunların genel eğilimini değerlendirmek ve bir enerji akış şeması oluşturmaktır. Karabük ilinde, kurulu gücü 122 MW olan 4 adet lisanslı ve 1 adet lisanssız olmak üzere toplamda 5 adet aktif elektrik enerji santrali ile yıllık yaklaşık 530 GWh elektrik üretimi yapılmaktadır. Bu üretim ile, kendi elektrik tüketiminin % 45'i karşılanabilmektedir. Karabük ili elektrik kurulu gücünün Türkiye kurulu gücüne oranı % 0.17 iken Türkiye tüketimine oranı % 0.21'dir. Yenilenebilir enerjinin toplam kurulu güç içerisindeki payı % 58.8 iken toplam enerji üretimi içerisindeki payı ise % 32'dir. Karabük, yeterli enerji kaynaklarına sahip olmayıp bununla birlikte, fosil yakıt tüketimi de oldukça yüksektir. Karabük, yerli olmayan enerji kaynaklarının ağır bir sömürüsü ile karşı karşıyadır. Yenilenebilir enerji ve etkili enerji verimliliği programları, yerli olmayan enerji kaynakları üzerindeki ülkenin bağımlılığını azaltabilir

Makale Bilgisi

Başvuru: 20/03/2017
Düzeltilme: 25/07/2017
Kabul: 20/09/2017

Anahtar Kelimeler

Enerji dengesi,
Elektrik, enerji akış
şeması, Karabük

Keywords

Energy balance,
electricity, energy
flowchart, Karabük

Provincial Energy Balance Analysis: Karabük Sample

Abstract

The purpose of this study; to reveal the energy supply-demand balance of the Karabük province, to evaluate their overall trends and the share of brown and green energy in the balance and to create an energy flowchart. Karabük province has an installed capacity of 122 MW with 4 licensed and 1 unlicensed power plants. It is carried out about 530 GWh of electricity generation annually. With this generation, 45% of own electricity consumption can be met. Ratio of Karabük electricity installed capacity to installed capacity of Turkey is 0.17%, it's ratio is 0.21% to consumption in Turkey. While share in the total installed capacity of renewable energy is 58.8%, the share in total energy generation is 32%. Karabük haven't energy resources however, fossil fuel consumption is also very high. Province of Karabük is characterized by a heavy exploitation of non-domestic energy resources. Karabük does not have sufficient energy sources. Effective energy efficiency programs and renewable energy can reduce country's reliance on non-domestic energy sources.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüz dünyasında enerji, su kadar vazgeçilmez bir ürün haline gelmiştir. Enerjiyi yönetmek ve sürdürülebilir bir konuma getirmek de bir o kadar önemlidir. Dünya, yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği teknolojileri konusunda büyük gelişmeler gerçekleştirirken, Türkiye bu gelişmeleri izleyen ve bazı eğitim-tanıtım kapsamlı projeler yürüten bir konumdan, şimdilerde, enerji bağımlılığını azaltmak ve iklim değişikliği sorununu çözmek için tüm dünyada olduğu gibi yenilenebilir enerji alanında uygulamaya dönük projeler üretmektedir.

Enerji denildiğinde ilk akla gelen enerji kaynakları ve elektriktir. Elektrik, ülke bazında ele alındığında kurulu güç, puant, emre amade, üretim ve tüketim konuları ön plana çıkmaktadır. Bunun beraberinde elektriğin iletim ve dağıtımını gelmektedir. Türkiye'de elektrik iletim sistemi (gerilim seviyeleri 66 kV, 154 kV ve 400 kV) ve dağıtım sistemi illerin coğrafik sınırlarına göre oluşturulmamakla birlikte, elektrik üretim tesisleri coğrafik konumlarına göre illerin coğrafik sınırları içerisinde yer aldığı kabul edilebilir ve ayrıca yüksek gerilim seviyesinde elektrik iletim tesisleri illere göre ayrılabilir [1]. Elektrik üretimi kurulu kapasitesi, iletim ve dağıtım şebekesi kapasitesi ve kaynaklar gibi kavramlar ülke genelinde ele alınmaktadır. Günümüz şartlarında,

*İletişim yazarı, seyfisevik@hitit.edu.tr

bölgesel veya il bazında ele alınması mümkün değildir. Buna karşın, Çin'in enerji sorunlarını çözmesi, il düzeyinde enerji ile ilgili politikaların etkin bir şekilde uygulanmış olmasına bağlıdır [2]. Ayrıca son zamanlarda enerji analizi konusunda, bölgesel [3] ve il bazında [1, 2, 4-6] bazı çalışmalar yapılmaktadır. Bastianoni ve arkadaşları (2002), Ravenna (İtalya) ve ilçelerinin (Ravenna, Faenza ve Lugo) bir termodinamik analizini ve sera gazlarının denge bazlı entropi atık üretiminin bir değerlendirmesini yapmışlar ve enerji sektörünün toplam sera gazı üretiminin % 92'sinden sorumlu olduğunu belirtmişlerdir [4]. Liu ve arkadaşları (2008), Liaoning ili için ekolojik-ekonomik sistemin enerji (Bir ürünün yaşam döngüsünde kullandığı toplam enerji) analizini yapmışlar ve Liaoning ilinde yenilenebilir olmayan kaynakların toplam tüketilen enerjinin % 74'ünü oluşturduğunu belirtmişlerdir [5]. Türkiye'de de benzer çalışmalar yapılmıştır. Ankara [1], İstanbul (Anadolu Yakası), Kocaeli ve Bursa [6] gibi iller için elektrik üretim-tüketim durumu analizleri yapılmıştır.

Enerji kaynaklarını ve onların nihai kullanımını daha iyi anlayabilmek için karmaşık ilişkileri görselleştiren akış diyagramları oluşturulur [7]. Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı (LLNL) tarafından 1970'lerin başından beri başta Livermore olmak üzere ABD enerji akış şemaları (Sankey diyagramları) yayımlanmaktadır [8]. Mischke ve Xiong (2014), Çin enerji sisteminin bölgesel karakteristiklerini daha kolay anlayabilmek için üç farklı bölgenin enerji sankey diyagramlarını oluşturmuşlardır [3]. Zhang ve Wang (2012), Jiangsu ili için enerji akış kartı oluşturmuşlar ve diğer bölgelerden ithal edilen enerjinin toplam birincil enerji arzında % 96.1'lik kısmı oluşturduğunu ve enerji arzının ağırlıklı olarak kömür olduğunu belirtmişlerdir [9]. Yang ve arkadaşları (2013), Qinghai ili için ekonomi ve enerji sistemi çerçevesinde Qinghai ilinin enerji gelişimi üzerinde sistem dinamik modelini oluşturmuşlar ve enerji talebinin 2015 yılında % 90.37 oranında artacağını belirtmişlerdir [2]. Cheng ve ark. (2016), Çin'in Guangdong ili için 2020 yılına kadar enerji ve karbon emisyon hedefleri üzerinde, güç sektöründeki düşük karbon politikasının etkilerini yedi senaryo ile analiz etmişlerdir. Onlar, Guangdong ili için düşük karbon politikası uygulanmasıyla dışarıdan alınan kömür ve petrol üzerinde enerji güvenliğinde bir iyileşme gerçekleştirileceğini ve Guangdong ilinin kömür tüketimi 2017-2019 yılları arasında zirve yapabileceğini ifade etmişlerdir. [10].

Bu çalışmada ise Karabük ili, enerji açısından ele alınmakta ve enerji dengesi ortaya konulmaktadır. Bu denge içerisinde kahverengi ve yeşil enerjilerin payı ve bunların genel eğilimi değerlendirilmekte ve bir enerji akış şeması oluşturulmaktadır. Oluşturulan enerji akış şeması, ilin enerji açısından daha iyi anlaşılabilmesine ve geniş kitlelere yönelik analiz imkanı sunmasına yardımcı olacaktır. Bu çalışma; enerji, ekonomi, çevre, verimlilik ve sürdürülebilir kalkınmayı yeterince sağlayabilmek için gerekli imkanların bir kısmını açık bir şekilde sunmayı amaçlamaktadır.

2. METODOLOJİ (METHODOLOGY)

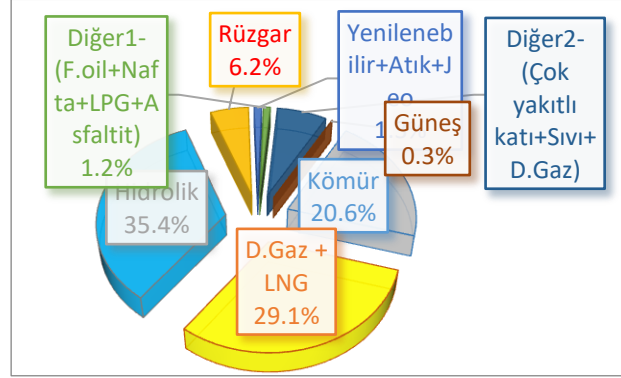
Bu çalışma; a) yük tevzi, bölgesel kapasite, il bazlı, çevresel ve şirket raporları, b) istatistiksel ve seçilmiş göstergeler ve c) araştırma çalışmalarından yararlanarak ham veya ayıklanmış veriler bir bütün olarak ele alınıp işlenerek oluşturulmuştur. Verilerin bazılarının ortak olmasına karşın farklılık gösterenler doğrulanarak eklenmiştir. İl bazında yeterli veri oluşturulmamış olması bir kısım verilerin ve doğruluğunun tespit edilememiş olması nedeniyle bazı veriler kullanılamamıştır. Karabük ilinin analizinden önce Türkiye'nin sadece elektrik üretim ve tüketim verilerinin verilmesi bu çalışma için yeterli kabul edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. Türkiye Elektrik Üretimi ve Tüketimi (Turkey Electricity Generation and Consumption)

TEİAŞ verilerine göre; 31 Mart 2016 itibarıyla 1666 adet santral ile Türkiye'nin elektrik kurulu gücü 74039 MW'tır. 2015 yılı Türkiye kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı Şekil 1'de gösterilmiştir [12]. Kurulu güç içerisinde başı çeken kaynakların hidrolik, doğalgaz ve kömür olduğu görülmektedir. Doğalgaza "diğer 2"de yer alan dilim de eklendiğinde doğalgaz ile hidrolik eşit

duruma gelmekle birlikte fosil yakıtların üstünlüğü devam etmektedir. Öte yandan, yenilenebilir enerjiler de artık pasta dilimlerinde görünür hale gelmiştir. Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de yenilenebilir enerjiye olan ilgi son yıllarda hızlı bir artış göstermiştir. Öyle ki, Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği kapsamında 28 Mayıs 2015 tarihi itibarı ile toplam başvuru sayısı 8566 adet olup toplam başvuru içinde GES başvurularının payı ise % 85+’dır [11].



Şekil 1. 2015 yılı Türkiye kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı [12].
(Turkey's installed power distribution according to sources in 2015).

31 Ocak 2016 itibarıyla bölgelere göre, elektrik üretim-tüketim ve kurulu güç verileri ise Tablo 1’de gösterilmiştir. Tabloya göre en fazla elektrik kurulu gücü, üretimi ve tüketimi Marmara Bölgesinde, en düşük kurulu kapasite ve en az üretim Doğu Anadolu Bölgesinde gerçekleştirilirken, üretimin tüketimi karşılama oranının en yüksek olduğu yerler ise sırasıyla Karadeniz ve Ege Bölgeleri olarak görülmektedir. Üretim-tüketim dengesi açısından bakıldığında Marmara Bölgesi dengede olan bir bölge olduğu görülmektedir. Üretim-tüketim oranı açısından değerlendirildiğinde % 220 ile Karadeniz Bölgesi ve % 158 ile Ege Bölgesi öne çıkmaktadır. Doğalgaz santralleri yüksek elektrik tüketimi olan bölgelerde, yerli kömür santralleri kömür madeni bulunan bölgelerde, ithal kömür santralleri kıyı şehirlerinde, HES’ler Fırat-Dicle havzası ile Çoruh havzasında, RES’ler Ege kıyıları ile Akdeniz’in doğusunda, GES’ler ise güney bölgelerde kümelenmektedir.

Tablo 1. 31 Ocak 2016 itibarıyla bölgelere göre bazı elektrik verileri [13].
(Some electrical data by region as of January 31, 2016).

No	BÖLGE	KG (MW)	YÜ (GWh)	ÜTO (%)
1	Karadeniz Bölgesi	11704	42832	220
2	Akdeniz Bölgesi	15058	50557	129
3	Ege Bölgesi	11801	60923	158
4	Doğu Anadolu Bölgesi	4320	13329	120
5	Marmara Bölgesi	18228	87402	93
6	Güneydoğu Anadolu Bölgesi	7437	25388	86
7	İç Anadolu Bölgesi	4751	20216	63

KG: Kurulu güç, YÜ: Yaklaşık üretim, ÜTO: Üretim/tüketim oranı

31 Ocak 2016 itibarıyla illere göre elektrik santrali kurulu güç, ortalama elektrik üretim miktarı ve il elektrik tüketimi karşılama oranları Tablo 2’de gösterilmiştir. Kurulu güç bakımından en yüksek kapasiteye sahip olan il Kahramanmaraş, en düşük kapasiteli il ise Kilis’dir. Karabük ilinin enerji arz-talep dengesi, diğer iller ile kıyaslandığında çok kötü bir durumda olmamakla birlikte bölgesinde oldukça kötü bir durumdadır. KG, YÜ ve ÜTO değerlerinin tümünde Türkiye ortalamasının altında değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 2. 31 Ocak 2016 itibarıyla şehirlere göre bazı elektrik verileri [13’ten uyarlanmıştır].

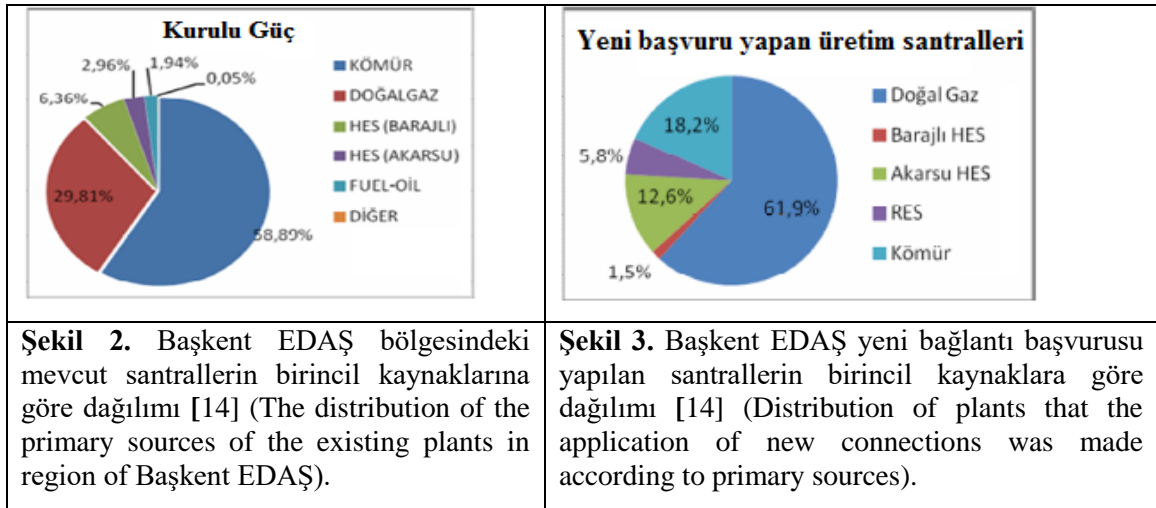
(Some electrical data by provinces as of January 31, 2016 [Adapted from 13])

No	İL	KG (MW)	YÜ (GWh)	ÜTO (%)	No	İL	KG (MW)	YÜ (GWh)	ÜTO (%)
1	Kahramanmaraş	4160	5712	109	42	Siirt	344	783	101
2	İzmir	3993	23149	111	43	Rize	316	919	100
3	Şanlıurfa	3422	10691	148	44	Erzincan	306	885	271
4	Adana	3376	15830	215	45	Kırşehir	290	484	96
5	Samsun	3262	15475	474	46	Afyonkarahisar	281	1209	82
6	İstanbul	3001	6143	14	47	Ordu	254	510	38
7	Bursa	2782	9710	77	48	Bilecik	235	1238	74
8	Hatay	2684	12509	154	49	Adıyaman	229	600	46
9	Sakarya	2421	17159	580	50	Bingöl	215	559	219
10	Çanakkale	2270	14148	306	51	Konya	213	478	8
11	Diyarbakır	2251	7507	136	52	Amasya	189	461	72
12	Elazığ	2237	8047	511	53	Muş	175	413	76
13	Kocaeli	2153	14178	95	54	Ardahan	161	466	422
14	Antalya	2087	7731	101	55	Yalova	158	1083	114
15	Muğla	2055	8768	274	56	Kars	157	290	67
16	Manisa	1996	8465	202	57	Kırıkkale	135	510	65
17	Ankara	1944	10909	81	58	Karabük	122	530	45
18	Zonguldak	1925	11910	340	59	Isparta	111	192	16
19	Balıkesir	1896	10332	299	60	Burdur	110	301	29
20	Artvin	1699	4155	1055	61	Tunceli	107	271	238
21	Tekirdağ	1617	9714	173	62	Nevşehir	106	308	40
22	Kırklareli	1609	3462	117	63	Düzce	99	263	25
23	Denizli	1422	9431	270	64	Edirne	84	236	17
24	Kütahya	1110	5925	367	65	Uşak	82	320	25
25	Osmaniye	1004	3084	95	66	Malatya	67	206	12
26	Mersin	981	3727	77	67	Van	67	291	14
27	Sivas	905	3347	180	68	Mardin	55	111	2
28	Aydın	862	3657	144	69	Kastamonu	54	145	17
29	Giresun	796	1699	244	70	Batman	52	192	11
30	Erzurum	755	1707	128	71	Hakkari	49	128	17
31	Gümüşhane	623	1241	565	72	Niğde	38	99	10
32	Şırnak	602	3954	233	73	Bayburt	26	69	53
33	Trabzon	577	1340	96	74	Yozgat	25	49	6
34	Eskişehir	558	2217	85	75	Aksaray	24	138	22
35	Karaman	544	1471	318	76	Iğdır	14	50	25
36	Sinop	543	872	202	77	Ağrı	10	12	1
37	Kayseri	509	1673	49	78	Bartın	8	14	4
38	Gaziantep	475	1541	26	79	Kilis	7	10	5
39	Tokat	446	1525	155	80	Çankırı	3	3	0.85
40	Bolu	410	691	62	81	Bitlis	1	3	0.39
41	Çorum	355	1011	104		Ort. göre Karabük	-642%	-600%	-214%
						Maks. göre Karabük	-3310%	-4268%	-2244%

KG: Kurulu güç, YÜ: Yaklaşık üretim, ÜTO: Üretim/tüketim oranı

KG, YÜ ve ÜTO değerlerinin hem ortalama hem de en yüksek değerlere göre yüzdelik fark hesapları yapılmıştır. Bu değerler % -214 ile % -4268 değerleri arasında elde edilmiştir. Örneğin Karabük, ortalama ÜTO değerine uzaklığı % -214 gibi çok da görece sıkıntılı olmayan bir değere sahipken YÜ değeri açısından incelendiğinde bu değer maksimum değere uzaklığı % -4268 olarak görülmektedir.

Karabük, Türkiye'nin kuzeyinde Karadeniz Bölgesi'nde yer alan ve 41° 13' K enlem, 32° 37' D boylam ve 485 m yükseltidedir. Karabük, Merkez ilçesi ile beraber 6 ilçe, 2 belde ve 270 köye sahip olup nüfusu 237 bin'dir. Karabük, 101617 km elektrik dağıtım şebekesi uzunluğuna sahip olan Başkent EDAŞ bölgesinde yer almaktadır. 2014 yılı Nisan ayı itibari ile Başkent EDAŞ bölgesindeki kurulu güç 4055.65 MW olup, bölgedeki santrallerin yakıt tipine göre dağılımı Şekil 2'de verilmiştir. Görüldüğü üzere bölgedeki santraller kömür ağırlıklı olup hatta yaklaşık % 90 ile büyük bir bölümünü kömür ve doğalgaz oluşturmaktadır. Başkent EDAŞ için yapılan yeni başvuru miktarı ise 6861 MW'tır [14]. Başvurusu yapılan santrallerin yakıt tipine göre dağılımı Şekil 3'te verilmiştir. Yine burada da başvuruların büyük çoğunluğunun doğalgaz ve kömür santrallerine yapıldığı görülmektedir.



Sonuç olarak, Başkent EDAŞ bölgesi hem mevcut hem de başvuru yapılan santraller açısından değerlendirilecek olursa, kömür ve doğalgaz santrallerinin başını çektiği bir üretim açık olarak ifade edilebilir.

3.2. Karabük İli Enerji Dengesi (Karabük Province Energy Balance)

3.2.1 Karabük'te Fosil Yakıtlar (Fossil Fuels in Karabük)

Karabük İl sınırları içinde kömür, petrol ve doğalgaz rezervi bulunmamaktadır. Bununla birlikte, petrol ve doğalgaz santrali de yatırımcı tarafından tercih edilmemiştir. Karabük ili, kömürü hem elektrik üretme hem de ısınma amaçlı kullanırken doğal gazı ise elektrik üretme amaçlı değil ısınma, sıcak su ve üretim yapma amaçlı olarak kullanmaktadır. İlde, ilk doğal gaz arzı 2009 yılının Ekim ayında gerçekleşmiştir. Abone sayısı ise 5129'dur. 2011 yılı Ocak ayı doğalgaz tüketim miktarı 4587128 m³tür [15]. Tablo 3'te 2012 ve 2014 yılına ait doğalgaz tüketim miktarları verilmiştir.

Tablo 3. Karabük ilinin doğalgaz tüketimi [16] (Natural gas consumption of Karabük Province).

2012			
Yakıtın kullanıldığı yer	Tüketim miktarı (m ³)	Isıl değeri (kcal/kg)	Birim ısıl değer (kcal/kg) Yıllık ortalama
Konut	20530103.12	187858655626.40	915323
Sanayi	36951451.00	338120557230.00	(konut+ sanayi)
2014			
Yakıtın kullanıldığı yer	Tüketim miktarı (m ³)	Isıl değeri (kWh)	
Karabük	Konut	29933.056	254646.863
	Sanayi	51401.406	
Sanayi	Konut	13599.33	144696.2

2012 Ekim ayı itibariyle 43350 konuttan sadece 21306 konutta doğal gaz aboneliği bulunmaktadır. 2015 yılı sonu itibariyle Karabük il merkezi çelik hat uzunluğu 20605 km, PE hatlar 218761 km ve servis hatları 119100 km olmak üzere toplamda hat uzunluğu 358466 km'dir [17]. Diğer illerde olduğu gibi il genelinde doğal gazın kullanılmaya başlanmasıyla hava kirliliğinde önemli bir düşüş gözlenmiş, bununla birlikte 2006 yılından itibaren bir düşüş trendine girdiği de görülmektedir [18]. Karabük ilinde 2014 yılında evsel ısınmada ve sanayide kullanılan katı yakıtların cinsi, yakıtların özellikleri ve bu yakıtların temin edildiği yerler Tablo 4 ve 5'te verilmiştir.

Tablo 4. Karabük ilinin 2014 yılında evsel ısınmada kullandığı katı yakıtlar [19] (Solid fuels used in domestic heating of Karabük Province in 2014).

Yakıt cinsi (*)	Temin edilen yer	Tüketim miktarı (ton)	Yakıtın özellikleri				
			Alt ısıl değeri (kcal/kg)	Uçucu madde (%)	Toplam kükürt (%)	Toplam nem (%)	Kül (%)
Yerli taş kömürü	Zonguldak	20000	7155	32.121	0.27	2.49	12.55
İthal kömür	Rusya, Mozambik, vb.	50000	7789	22.87	0.28	3.88	4.08

(*) Yerli kömür, ithal kömür, briket, biyokütle, Sosyal Yardımlaşma Vakfı kömürü, odun gibi

Tablo 5. Karabük ilinin 2014 yılında sanayide kullandığı katı yakıtlar [20] (Solid fuels used in industry of Karabük Province in 2014).

Yakıt cinsi (*)	Temin edilen yer	Tüketim miktarı (ton)	Yakıtın özellikleri				
			Alt ısıl değeri (kcal/kg)	Uçucu madde (%)	Toplam kükürt (%)	Toplam nem (%)	Kül (%)
Koklaşabilir taşkömürü	Yerli-TTK	302962	7703	25.37	0.78	9.32	8.76
	İthal (ABD, Rusya)	951038					
Antrasit	İthal (Ukrayna)	3648	7295	5.21	1.08	7.49	8.75
Kok tozu	İthal	61244	6590	1.02	0.70	13.87	15.20
Santral kömürü	Yerli-TTK	78131	6805	30.85	0.34	11.62	14.72
	İthal-Gürcistan	6885					
Metalürjik kok	İthal-Rusya	18.365	6927	0.62	0.69	7.19	10.86
Enjeksiyon kömürü	İthal (Rusya-Ukrayna)	80.834	6715	11.38	0.86	0.76	10.75

(*) Yerli kömür, ithal kömür, briket, biyokütle, Sosyal Yardımlaşma Vakfı kömürü, odun gibi

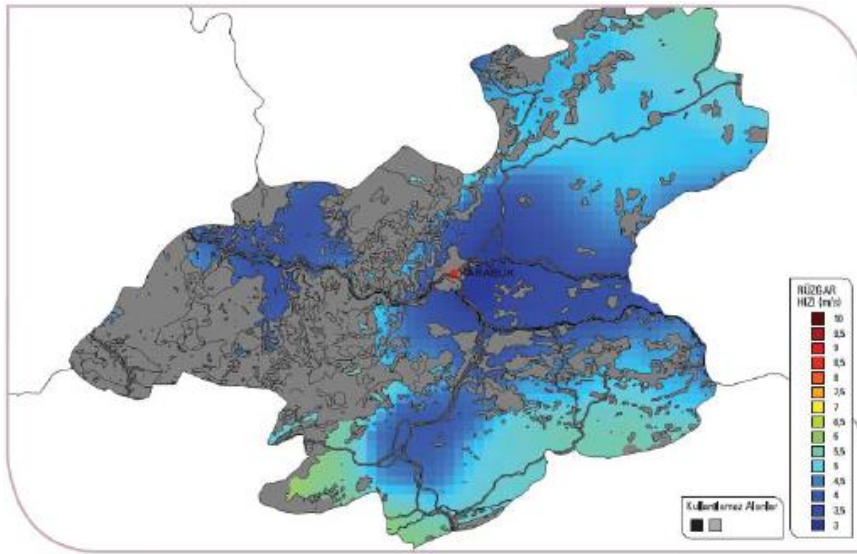
Karabük'ün 2013 yılı Dış Ticareti; toplam ihracat 199777 bin ABD Doları, toplam ithalat 468351 bin ABD Doları ve dış ticaret dengesi -268574 bin ABD Doları'dır [21]. Buna göre, dış ticaret dengesini negatif yönde bozan bir il konumundadır. Bununla birlikte Türkiye'nin dış ticaret dengesine görece etkisi oldukça sınırlıdır.

3.2.2. Karabük'te Jeotermal enerji (Geothermal energy in Karabük)

Acısu ve Akkaya termal olmak üzere iki jeotermal alan bulunmaktadır. Ancak, bu sahalar kaplıca amaçlı kullanılmaya uygun olup enerji üretimi için yeterli şartları sağlayamamaktadır.

3.2.3. Karabük'te Rüzgar enerjisi (Wind energy in Karabük)

Türkiye'de, yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımların başında RES'ler gelmektedir. 2016 yılı Mart sonu itibariyle RES kapasitesi 4600 MW'tır. Karabük ili için RES kurulabilir alanlar Şekil 4'te verilmiştir. Tablo 6'da ise Karabük iline kurulabilecek RES güç kapasitesi verilmiştir. Rüzgar türbini kurmak için farklı noktalarda ölçümler yapılmasına rağmen an itibariyle Karabük ilinde rüzgara dayalı bir enerji üretimi gerçekleştirilmemektedir.



Şekil 4. RES kurulabilir alanlar [22, *Gri renkli alanlara rüzgar santrali kurulamayacağı kabul edilmiştir]. (Areas that wind energy can be installed).

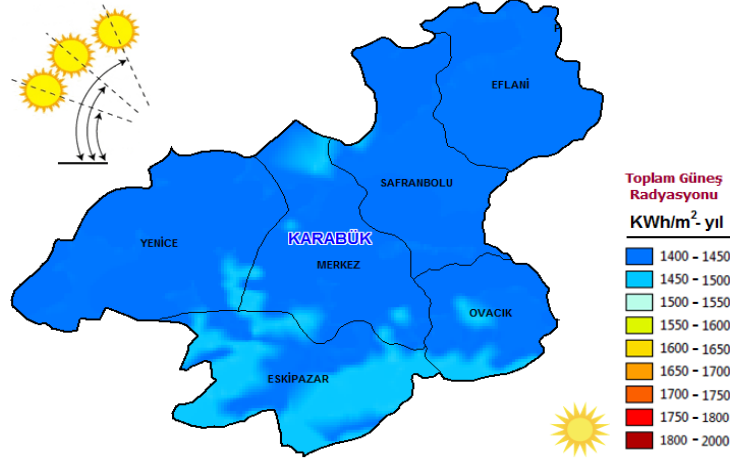
Tablo 6. Karabük iline kurulabilecek RES güç kapasitesi [22] (Wind power plant capacity that can be installed in the province of Karabük).

50 m 'de rüzgar gücü (W/m^2)	50 m 'de Rüzgar hızı (m/s)	Toplam alan (km^2)	Toplam kurulu güç (MW)
300-400	6.8-7.5	14.67	73.36
400-500	7.5-8.1	0.0	0.0
500-600	8.1-8.6	0.0	0.0
600-800	8.6-9.5	0.0	0.0
>800	>9.5	0.0	0.0
Toplam		14.67	73.36

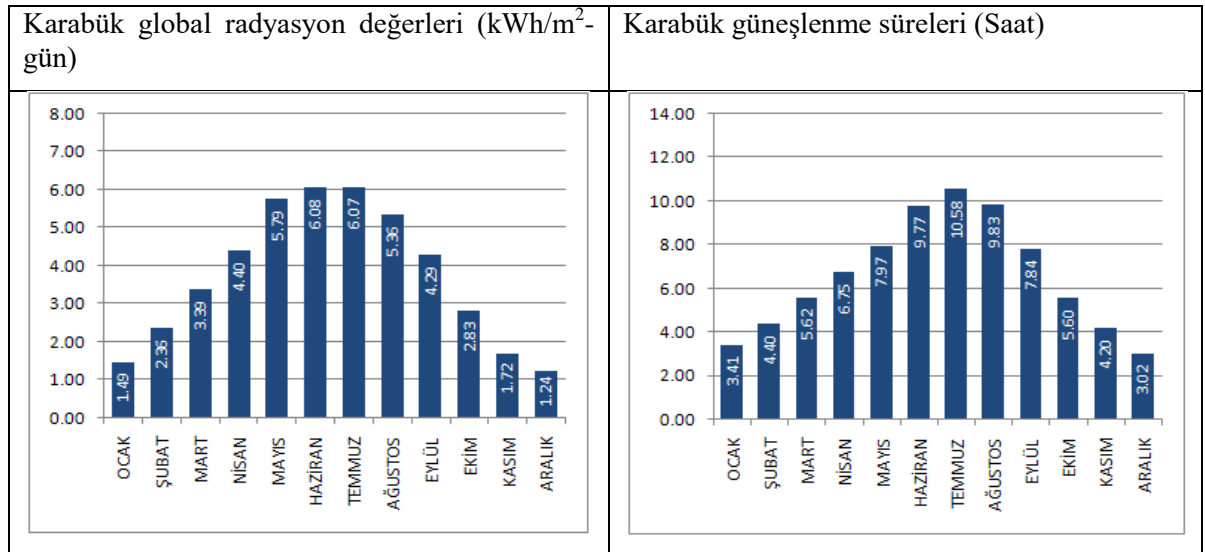
3.2.4. Karabük'te Güneş enerjisi (Solar energy in Karabük)

Her geçen gün PV panel fiyatları düşerken buna karşın verimlilikleri de artmaktadır. 2016 Şubat ayı itibariyle modül verimliliği % 22.8'e çıkmıştır. Bu bağlamda, verimlilik arttıkça dünya genelinde güneşe olan yatırım da artarak devam edecektir. Türkiye güneş enerjisi santrali (GES) kurulu gücü 2014 yılsonu itibariyle 40 MW iken 2015'te 248.8 MW'a ulaşmıştır. Santral sayısı 112'den 454'e ve

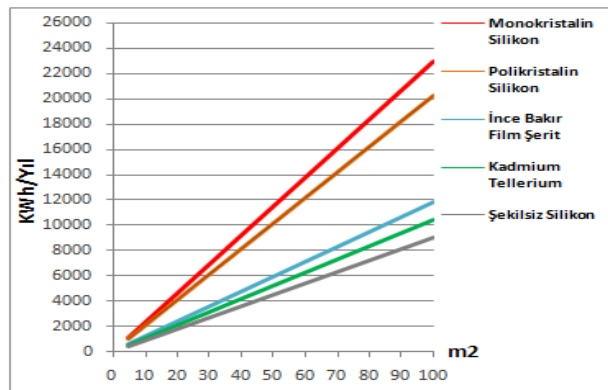
katkı % 0.1'den % 0.4'e yükselmiştir. 2016 yılı Mart sonu itibariyle 492 adet santral ile GES kapasitesi 357.7 MW'a ulaşmış olup katkı oranı % 0.5'tir. Karabük ilinde ise kurulu güç 0.67 MW'tır. Özel bir şirkete ait bir alışveriş merkezinin çatısında 12 bin m²'lik alanda 2804 adetten oluşan PV santrali ile 150 bin kWh elektrik üretilmekte ve 50 bin kWh'i iç tüketimde kullanılmaktadır. Şekil 5, 6 ve 7'de sırasıyla Karabük iline ait güneş haritası, Karabük iline ait güneş verileri ve Karabük iline ait PV tipi-alan-üretilebilecek enerji değerleri gösterilmiştir.



Şekil 5. Karabük iline ait güneş haritası [23] (Solar map of the Karabük province).



Şekil 6. Karabük iline ait güneş verileri [23] (Solar data of the Karabük province).



Şekil 7. Karabük PV tipi-alan-üretilebilecek enerji (kWh-yıl) [23] (PV type-field-energy that can be produced in Karabük, kWh-year)

İl genelinde sıcak su hazırlama amaçlı olarak düz ve vakumlu tip güneş enerjisi sistemleri kullanılmaktadır. İl genelinde kaç m² güneş kolektörü olduğu bilgisi mevcut değildir.

3.2.5. Karabük İli Elektrik Üretimi ve Tüketimi (Electricity Generation and Consumption of Karabük Province)

Karabük'ün elektrik enerjisi kurulu gücü 122 MW'tır. 4 adet lisanslı ve 1 adet lisanssız olmak üzere toplamda 5 adet aktif elektrik enerji santrali ile yıllık yaklaşık 530 GW elektrik üretimi yapılmaktadır. Karabük'teki mevcut elektrik santrallerinin kaynaklara göre kurulu güç dağılımı Tablo 7'de, işletme halinde olan elektrik santralleri ise Tablo 8'de verilmiştir. Buna göre, HES ve Kömür ağırlıklı bir elektrik üretimi söz konusudur. Kurulu gücün ortalama üretim kapasitesi aylık 44.16 GWh ve günlük 1.45 GWh dolayındadır. Karabük'ün Türkiye kurulu gücüne oranı % 0.17 iken Türkiye tüketimine oranı % 0.21'dir. Karabük'teki lisanslı ve lisanssız santraller sırasıyla Tablo 9 ve 10'da verilmiştir. Tablolara göre, Karabük toplam lisanslı santral kurulu gücü 281.73 MWe ve lisanssız toplam kurulu güç 1.04 MW'tır.

Tablo 7. Karabük'teki elektrik santralleri dağılımı. (The distribution of electric power plants in Karabük).

Tipi	Kurulu güç (MW)
Güneş	0.67
HES	70.93
Kömür	50

Tablo 8. İşletmedeki elektrik santralleri (Power plants in operation).

No	Santral adı	Tesis türü	Firma	Kurulu güç (MW)
1	Kardemir Karabük DÇ Termik Santrali	Kömür	Kardemir A.Ş.	50
2	Eren Reg. ve HES	HES	Akbaş Holding Enerji Grubu	35
3	Pirinçlik HES	HES	Kardemir A.Ş.	21
4	Yalnızca HES	HES	Rönesans Enerji	14
5	Tema Trend Gayrimenkul GES	GES	Tema Trend Gayrimenkul	0.67
<i>Yapım aşamasında olan santraller</i>				
1	Şimşir Reg. ve HES	HES		4.6

Tablo 9. Karabük'teki lisanslı santraller [24] (Licensed plants in Karabük).

Unvan	Başlangıç/ yürürlük tarihi	Bitiş tarihi	Tesis türü	Tesis adı	KG (MWm)	KG (MWe)	İHK (MWe)	İK (MWe)	
Yürürlükte	ELİTE	12.04.2007	12.04.2056	HES	Han HES	6.14	5.53	5.53	0
	AKSU	16.05.2006	16.05.2055	HES	Tefen HES	36.75	33	0	33
	FİLYOS	23.12.2005	23.12.2045	HES	Yalnızca HES	4.36	4.32	0	4.32
	T.M.	15.01.2009	15.01.2058	HES	Şimşir Reg. ve HES Pirinçlik Reg. ve	4.9	4.6	4.6	0
	ENBATI	29.01.2009	29.01.2058	HES	HES	22.194	21.315	21.315	0
	IRMAK	25.12.2008	25.12.2057	HES	Eren HES	37.038	35.184	35.184	0
	İFLAS HAL.	25.06.2009	08.06.2056	HES	Suçatı HES	44.343	42.999	42.999	0
	ORSA	20.10.2011	20.10.2060	RES	Fener	6	5	5	0
	KARDEMİR	01.05.2014	02.10.2018	Termik	Karabük	89.42	87.5	65	22.5
Uygun	S.H.			HES	Uzunburun Reg. ve HES	13.8	13.45	13.45	0
	S.H.			HES	Alaboğa Reg. ve HES	4.73	4.63	4.63	0
	BBS			HES	Yenice Reg. ve HES	7	6.72	6.72	0
	FİLYOS			HES	Doğan HES	8.55	8.25	8.25	0
	BATU			HES	Kadırbükü Reg. ve HES	9.609	9.228	9.228	0

KG: Kurulu güç, İHK: İnşaa halindeki kapasite, İK: İşletmedeki kapasite

Tablo 10. Karabük lisanssız santraller [25] (Unlicensed plants in Karabük).

Firma/Şahıs adı	Santralin adresi	Başvuru tarihi	Başvuru no	Santral adı	KG (kW)	Tür
Yüksel ÖZTÜRK (Kahyalar Köyü Muhtarı)	Merkez İlçe Kahyalar Köyü	25.03.2013	LÜ-32	Kahyalar Köyü GES	7.5	Güneş
Mithat GÜMÜŞ	Merkez İlçe Kılavuzlar Köyü Kahyalar	27.03.2013	LÜ-33	Kılavuzlar Köyü GES	30	
Tema Trend Gayrimenkul Sanayive Tic. Ltd. Şti	Kastamonu Yolu 7. Km Çevikköprü Mevkii Safranbolu	01.10.2013	LÜ-36	Tema Trend Gayrimenkul Sanayi ve Tic. Ltd. Şti	670	
Recep ÖZÇELİK	Ömer Lütfi Özyataç Bulvarı No:5	09.01.2014	LÜ-63	Recep ÖZÇELİK	2.75	
Karabük Üniv.	---	---	---	---	15	
*Karabük Üniv. GES	Karabük Üniv. Kampüsü	---	---	---	1300	
**Tema Trend Gayrimenkul Sanayive Tic. Ltd. Şti	Kastamonu Yolu 7. Km Çevikköprü Mevkii Safranbolu	---	---	Tema Trend Gayrimenkul Sanayi ve Tic. Ltd. Şti	1000	

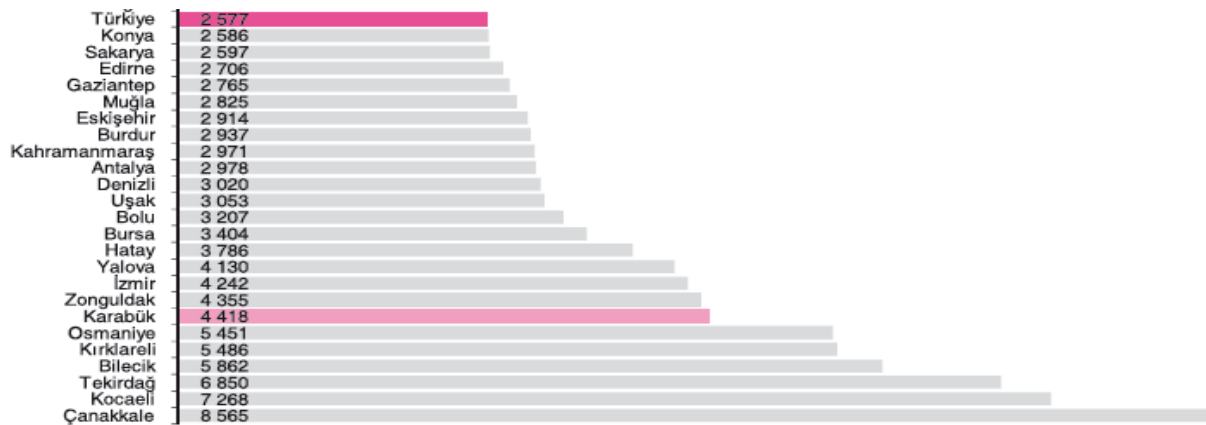
* Yapımına başlanacak **Planlama aşamasındadır. KG: Kurulu güç,

Tablo 11'de Karabük'teki tüm HES'lere ait enerji verileri gösterilmiştir. Tabloya göre, Karabük'te işletmede olan ve işletmeye alınması planlanan bütün santrallerin toplam kurulu güç miktarı 237.7 MW'dır. Bu santrallerin yıllık toplam enerji üretimi ise 713.7 GWh olacaktır [26]. Karabük, ilçelerinde bulunan Soğanlı, İncedere, Banaz, Karakaya gibi akarsu zenginliklerine sahiptir. Karabük'teki HES'lerin büyük bir çoğunluğu fizibilite aşamasında olup sadece 3 adedi devrede iken 1 adedi yapım aşamasındadır.

Tablo 11. Karabük'te tüm HES'lere ait enerji verileri [26, *Veriler kısmen güncellenmiştir] (Energy data for Hydraulic Power Plants in Karabük).

Projenin adı	Akarsu	Kurulu güç (MW)	Toplam enerji (GWh)
Yalnızca HES		15.3	56.88
Eren HES		55.68*	141.898
Pirinçlik HES		23.92*	76.85
Kadıbüğü HES	Filyos/Araç	8.27	26.36
Filyos HES	Filyos/Yenice	10.4	53.6
Aktaş HES	Soğanlı/Filyos/Yenice	12.5	37.74
İkiler HES	Soğanlı/Gerde/Filyos/Yenice	3.3	11.38
Karakaya HES	Karakaya/Filyos/Yenice	4.6	14.27
Şimşir HES	Şimşir/Filyos/Yenice	4.9	15.75
Suçatı HES	Filyos/Yenice	32.5	85.34
Han Reg. ve HES	Filyos/Yenice/Araç/Eflani	6.14	16.21
Suçatı II HES	Filyos/Yenice	10.5	24.36
Doğan HES	Soğanlı/Filyos	8.55	29.07
Eskipazar Çayı Çalkaya Reg. ve Cemal Ovası HES	Soğanlı/Filyos/Yenice/Eskipazar	10	29.5
Alacığüne Reg. ve HES	Soğanlı/Filyos/Yenice/ Eskipazar	0.7	3.6
Alaboğa Reg. ve HES	İncedere /Filyos/Yenice	4.73	18.41
Alel 5 Reg. ve HES	İncedere/Filyos/Yenice	2.84	7.75
Çatacık HES	Banaz/Filyos/Yenice/Eskipazar	1.15	4.81
Yenice HES	Şimşir/Filyos/Yenice	7	21.54
Mağara Reg. ve HES	Buldan/Filyos/Yenice/Araç	1.24	6.3
Uzunburun HES	İncedere/Filyos/Yenice	13.45	32.084
* EPDK			

2012 yılı için bazı illerin kişi başına toplam elektrik tüketimi Şekil 8'de verilmiştir. 2012 yılında Karabük ilinin kişi başına toplam elektrik tüketimi 4416 kWh iken 2013 yılında 4618 kWh olarak gerçekleşmiştir [27]. Bu değerler, Türkiye ortalaması olan 2577 kWh değerinin üzerindedir.



Şekil 8. 2012 yılı kişi başına toplam elektrik tüketimi (kWh) (Total electricity consumption per person in 2012, kWh).

2008-2012 yılları arasında kullanım yerlerine göre elektrik tüketimi Tablo 12'de, tüketici sayıları ve tüketimleri Tablo 13'te ve dağıtım tesisi bilgileri ise Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 12. Kullanım yerlerine göre 2008-2012 Karabük elektrik tüketim değerleri (MWh) [27]
(Karabük electricity consumption values in 2008-2012 years).

Yıllar	Toplam tüketim	Resmi daire	Sanayi	Ticarethane	Mesken	Tarımsal sulama	Sokak aydınlatma	Diğer
2008	732298	17551	507693	40120	143883	453	17204	5394
2009	745085	14198	546199	43057	109224	454	18196	13746
2010	774472	16071	566018	46637	114933	472	18349	9991
2011	881337	15214	662933	49174	124066	905	19601	9444
2012	994753	25956	759227	66616	119580	733	18946	3695

Not: 1) Şantiye tüketimleri sanayi içerisinde yer almaktadır.

2) Yuvarlamalar nedeniyle toplamlar farklı olabilir.

Tablo 13. Dağıtım seviyesinden bağlı tüketicilerin sayısı ve tüketimleri [28] (Number of consumers depends on the distribution level and their consumptions).

Dağıtım Seviyesinden Bağlı Tüketicilerin Sayısı ve Tüketimleri				
Tüketici sektörü	Tüketici sayısı (Adet)*		Tüketim miktarı (MWh)**	
	Abone	Serbest tüketici	Abone	Serbest tüketici
Aydınlatma	2.159	1	936	46
Mesken	112.270	741	9.143	267
Sanayi	165	19	15.281	1.160
Tarımsal sulama	1.466	-	58	-
Ticarethane	13.049	2.748	3.897	7.253

* 2015 yılı Ocak ayı sonu itibariyle dağıtım seviyesinden sisteme bağlı tüketicilerin sayısıdır.

** 2015 yılı Ocak ayı verileri esas alınmıştır. Dağıtım seviyesinden sisteme bağlı tüketicilerin tüketimidir.

Tablo 14. Dağıtım tesisi bilgileri [28] (Information of distribution facility).

Mülkiyet	Gerilim seviyesi	Mevcut hat uzunluğu (Km)	Mevcut trafo kapasitesi (Kurulu güç MVA)	Mevcut trafo sayısı (Adet)
Kurum*	AG	2.304	201	1.139
	OG	1.836	59	7
Özel*	AG	7	120	243
	OG	5	25	1

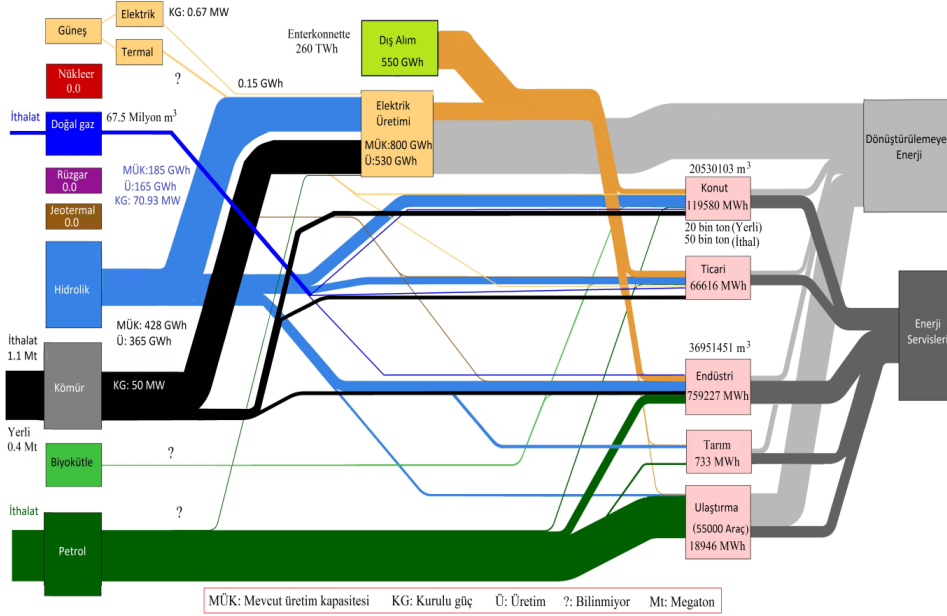
*31.12.2014 itibariyle

Mevcut hat uzunluğu (Km)	Havai	3.735
	Yeraltı	405
	Diğer	12
Dağıtım yatırım miktarı (TL)	Yeni trafo	2.276.981
	Yeni hat	2.725.683
	Diğer	2.159.161

3.2.6. Enerji Akış Şeması (Energy Flowchart)

Enerji dengesini ifade etmek için enerji akış şemaları kullanılır. Enerji akış şemaları olarak adlandırılan ve enerji kaynaklarını ve onların nihai kullanımını gösteren bu diyagramlar, bilim adamları, analistler ve diğer karar vericiler için karmaşık ilişkileri görselleştirir. Enerji akış şemaları; artıları, eksileri ve temel belirsizlikleri tespit etmek için önemli bir göstergedir. Bununla birlikte asıl mesele, belirsizlikleri oluşturan nedenleri anlamak ve çözüm üretmektir. Bu noktada, yatırımcılar ve politika yapıcılar hatta son kullanıcı önemli rol oynamaktadır. ABD Utah eyaleti için hazırlanan enerji akış kartından yararlanılarak Karabük için bir enerji akış şeması oluşturulmuştur (Şekil 9).

Ancak Karabük'e ait bazı güncel verilere ulaşılamadığından bazı alanlar yeterli rakamsal veri ile desteklenememiştir. Bununla birlikte farklı resmi veya resmi olmayan enerji veri kaynakları ile çalışılmış bu nedenle istatistiksel farklılık oluşmuş olabilir. Karabük ilinin mevcut enerji arz-talep dengesinin ana özellikleri sayısal ve görsel olarak diyagramdan görülebilir. Kömür, hidrolik ve petrol ana kaynaklar olarak görünmektedir. Tüketilen kömürün büyük kısmı ithaldir buna karşın bir kısmı yerli olmakla beraber il genelinde üretilmeyip il dışından alınmaktadır.



Şekil 9. Karabük ili enerji akış şeması (Energy flowchart of Karabük Province).

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (Results And Suggestions)

Bu çalışmada, Karabük ili için enerji dengesi incelenmiş ve enerji akış şeması oluşturulmuştur. Bu çalışma, Karabük'ün enerji alanındaki potansiyelini ortaya koymakta ve sürdürülebilirliğin sağlanmasındaki mevcut rolüne bakış açısı sunmaktadır.

- Kömür hem elektrik üretiminde hem de konut ihtiyaçlarında, doğalgaz ise elektrik üretimi dışındaki alanlarda kullanılmaktadır. Petrolün büyük bir kısmı ulaşırmada kullanılmaktadır.
- Karabük'te elektrik üretimi kömür ve hidrolik ağırlıklıdır.
- Karabük ilinde elektrik tüketiminin büyük bir bölümünü endüstride, enerji yoğun bir sektör olan demir-çelik endüstrisinde, gerçekleştirilmektedir.
- Kardemir A.Ş., bünyesinde barındırdığı 50 MW'lık kömür kaynaklı bir elektrik santralinden elektrik tüketimini karşılamaktadır. Bununla birlikte bu sektör içerisinde yer alan pek çok küçük ve orta boyuttaki işletmeler de yoğun bir şekilde enerji tüketmektedirler.
- Yenilenebilir enerjinin toplam kurulu güç içerisinde payı % 58.8 iken toplam enerji üretimi içerisindeki payı ise % 32'dir.
- 2020 yılına kadar elektrik üretimine yaklaşık 2.3 MW güneş ve 50 MW hidrolik kapasite eklenmesi beklenmektedir.
- Üretim-tüketim oranları, planlanan ve lisans almış yatırımlar, il genelindeki kaynaklar düşünüldüğünde ve üstüne üstlük enerji tüketiminin sürekli arttığı günümüzde Karabük ili için üretimin tüm tüketimi karşılaması mümkün görülmemektedir.

İl bazında enerji analizi ülkenin enerji sorunlarını çözmeye yardımcı olabilir. Bu bağlamda genel ve il bazında, yerinde üretim ve dağıtık üretime yönelmek enerjinin verimli yönetilmesine katkı sağlayabilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Bayrak, Y. “Ankara ili elektrik üretim-tüketim durumu”, İÇEF-Ankara Enerji Forumu, Ankara, 24-25 Şubat 2007.
- [2]. Yang, Y., Sun, X., Zhu, X., Xie, Y. “Scenario simulation and policy analysis on energy development in Qinghai Province”, *Procedia Computer Science*, 17, 720–28, 2013.
- [3]. Mischke, P., Xiong, W. “Mapping the energy flow from supply to end use in three geographic regions of China”, 4th Asian Energy Economics Conference, Beijing, Armenia, 2014.
- [4]. Bastianoni, S., Marchettini, N., Panzieri, M., Ridolfi, R. “Thermodynamic analysis of the province of Ravenna (Italy)”, *Ann Chim.*, 92(9), 771-81, 2002.
- [5]. Liu, H., Wang, Q., Li, XJ., Song, Y., Li, GJ. “Energy analysis of ecological-economic system in Liaoning Province”, *Chinese Journal of Applied Ecology*, 19(3), 627–33, 2008.
- [6]. EMO, “İstanbul ili elektrik üretim-tüketim durumu”, www.emo.org.tr/ekler/64c47f97ee545d0_ek.pdf, [Erişim: 05.01.2016].
- [7]. Simon, AJ., Belles, RD. “Estimated State-level energy flows in 2008”, Lawrence Livermore National Lab., United States, January 2011, https://flowcharts.llnl.gov/content/energy/energy_archive/energy_flow_2008/2008StateEnergy.pdf.
- [8]. Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı (LLNL), <http://flowcharts.llnl.gov>. [Erişim: 07.01.2016].
- [9]. Zhang, M., Wang, W. “Using an energy flow chart to analyze Jiangsu Province’s energy balance”, *Renewable Energy*, 39, 307-12, 2012.
- [10]. Cheng, B., Dai, H., Wang, P., Xie, Y., Chen, L., Zhao, D., Masui, T. “Impacts of low-carbon power policy on carbon mitigation in Guangdong Province, China”, *Energy Policy*, 88, 515–27, 2016.
- [11]. GÜNDER. <http://gunder.org.tr/>.
- [12]. TEİAŞ, <http://www.teias.gov.tr/YukTevziRaporlari.aspx>.
- [13]. <http://www.enerjiatlas.com>. [Erişim: 05.02.2016].
- [14]. TEİAŞ, “Üretim tesisleri bölgesel bağlantı kapasite raporu”, 2019-2024, 11.08.2014.
- [15]. <http://www2.epdk.org.tr/data/DPDVerileri/KARAB%C3%9CK.pdf>, [Erişim: 20.12.2015].
- [16]. KARGAZ, 2015. www.kargaz.com.tr/.
- [17]. <http://www.kargaz.com.tr/DogalGazYatirim.aspx?SayfaIcerik=51>, [Erişim: 20.02.2016].
- [18]. Yıldız, A., Çay, Y., Özer, F. “Karabük ilindeki hava kirliliğinin doğal gaz kullanımı ile değişimi”, *Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, 1(4), 497-506, December 2012.
- [19]. Solmaz, G., Budak, E., Karakaş, İ. “Karabük İli 2014 yılı çevre durum raporu”, Karabük Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Karabük, 2015.
- [20]. Kardemir A.Ş. Genel Müdürlüğü, 2015, <https://www.kardemir.com/>.
- [21]. TÜİK, “İllere Göre Dış Ticaret İstatistikleri”, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1046, [Erişim: 20.02.2016].
- [22]. <http://www.eie.gov.tr/YEKrepa/KARABUK-REPA.pdf>.

- [23]. <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/78.aspx>.
- [24]. <http://lisans.epdk.org.tr/epvysweb/faces/pages/lisans/elektrikUretim/elektrikUretimOzetSorgula.xhtml>, [Erişim: 04.10.2015].
- [25]. www.epdk.org.tr, [Erişim: 04.10.2015].
- [26]. Bař, Ő. “Hidroelektrik Enerji, TR81 Bölgesi HES Raporu”, T.C. Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı (BAKKA), 24-29, 2014.
- [27]. TÜİK, “Seçilmiş Göstergelerle Karabük”, 2013, <http://www.tuik.gov.tr>.
- [28]. ww3.epdk.org.tr/documents/.../Str_illerbaz2015OcakElektrikVerileri.xlsx, [Erişim:04.11.2015].