

## Diyarbakır İli Tarımsal Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi

İlknur ALİBAŞ<sup>1</sup>, Gökhan ÖZSOY<sup>2</sup>, A. Konuralp ELİÇİN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bursa

<sup>2</sup>Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa

<sup>3</sup>Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır  
ialibas@uludag.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 27.06.2015

Kabul Tarihi (Accepted): 12.07.2015

**Özet:** Bu çalışmada 2010-2014 yıllarına ilişkin tarımsal üretim ve hayvansal üretim verileri kullanılarak Diyarbakır ilinin tarımsal kaynaklı biyogaz potansiyeli ilçelere göre belirlenmiştir. Buna göre 2010-2014 yılları arasında Diyarbakır'ın ortalama hayvansal kökenli biyogaz potansiyelinin 50.8 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> olduğu ve bu potansiyelin tamamının elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle 96.05 GWh yıl<sup>-1</sup> bir enerjinin ortaya çıkacağı belirlenmiştir. Bitkisel kaynaklı biyogaz potansiyeli ise 827.4 GWh yıl<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu potansiyelin elektrik enerjisine çevrilmesi ile 1623.37 GWh yıl<sup>-1</sup> 'lık bir enerji elde edilebileceği belirlenmiştir. İlçeler bazında ele alındığında toplam biyogaz potansiyeli açısından Bismil İlçesi'nin %21.76'lık bir pay ile en yüksek potansiyele sahip olduğu bunu sırasıyla %15.79'luk pay ile Sur, %13.34'lük pay ile Silvan, %12.19'luk bir pay ile Çınar ve %10.04'lik bir pay ile Ergani ilçelerinin izlediği saptanmıştır. Toplam biyogaz potansiyelinden elde edilebilecek olan Elektrik enerjisinin 1719.43 GWh yıl<sup>-1</sup> olduğu ve bu potansiyelin ilçelere göre dağılımının biyogaz potansiyelindeki dağılım ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Diyarbakır, biyogaz, CBS, elektrik enerjisi

### Determination of Agricultural Biogas Potential in Diyarbakır

**Abstract:** In the present study, the agricultural biogas potential in Diyarbakır was determined depending on districts by means of using agricultural and animal production data between the years of 2010-2014. Accordingly, the average biogas potential from animal wastes in Diyarbakır between 2010 and 2014 was found to be 50.8 million m<sup>3</sup> year<sup>-1</sup>, thus 96.05 GWh year<sup>-1</sup> of energy will emerge with the conversion of the entire potential into electrical energy. Biogas potential from vegetative wastes was estimated to be 827.4 GWh year<sup>-1</sup>. It was made clear that 1623.37 GWh year<sup>-1</sup> energy can be obtained by converting this potential into electrical energy. It was determined that of all the districts, Bismil with 21.76% has the highest potential in terms of total biogas potential, which was followed by Sur with 15.79%, Silvan with 13.34%, Çınar with 12.19% and Ergani with 10.04%. Electrical energy which can be obtained from the total biogas potential was found to be 1719.43 GWh year<sup>-1</sup>; moreover, it was suggested that the distribution of this potential depending on districts is similar to the distribution of biogas potential.

**Keywords:** Diyarbakır, biogas, CBS, electricity

### GİRİŞ

Türkiye enerji sektöründe büyüme rakamları, gelişmiş ülkelere kıyasla oldukça yüksektir. Son 10 yılda Türkiye elektrik ve doğal gaz talep artış oranları

bakımından Avrupa'da ilk sırayı almaktadır (Kabir ve ark., 2013; Ozsoy ve Alibas, 2015). Diyarbakır İli Doğu ve Güneydoğu Anadolu'nun en büyük ve

gelişmiş şehirlerinden biridir. Diyarbakır şehri nüfus yoğunluğu bakımından Türkiye'nin on ikinci büyük kentidir.

Fosil enerji kaynakları bakımından net ithalatçı ülke konumunda olan Türkiye'de 2012 yılında enerji arzının petrolde %92, doğalgazda %99, taş kömüründe %95 olmak üzere toplamda %73.4'lük bölümü ithalat ile karşılanmıştır (Karekezi, 2002). 2013 yılı itibarıyla (geçici rakamlardır), toplam elektrik üretiminin %44.0'ı doğalgazdan, %25.4'ü kömürden, %24.8'i hidrolik kaynaklardan, %3.1'i rüzgardan, %1.6'sı sıvı yakıt ve asfaltitten, %0.9'u atık ve jeotermalden, %0.1'i de diğer kaynaklardan karşılanmıştır. Doğalgaz ise Türkiye'nin toplam birincil enerji ihtiyacının %23'ünü oluşturur (TUİK, 2015). Türkiye'de elektrik üretiminin % 44'ünün doğalgazdan üretildiği düşünüldüğünde ülkenin elektrik enerjisi üretiminde de kısmen dışa bağımlılık bulunmaktadır. Dışa bağımlılığı en aza indirmek ve enerji üretiminde yerli kaynaklara yönelmek Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için finansal açıdan çok önemlidir.

Bundan başka, Teknoloji ve nüfusun hızla artmasından dolayı dünyanın enerji ihtiyacının sürekli olarak artış göstermesi; buna karşın, fosil yakıtların sonlu enerji kaynağı olarak yakın bir gelecekte tükenebilecek olması, petrol fiyatlarındaki hızlı ve önlenemeyen artış ve petrol kaynaklı yakıt emisyonlarının yarattığı çevre kirliliği (Kabir ve ark., 2013) gibi etmenler son yıllarda temiz enerjilere yönelimin artmasına neden olmuştur (Maghanaki ve ark., 2013; Karakezi, 2002). Bu kapsamda özellikle tarım potansiyeli yüksek olan ülkeler için biyogaz potansiyeli önemli bir alternatif olması bakımından iyi incelenmesi gereken bir konudur.

Biyogaz, metan oz(50-60%), karbondioksit (40-50%), nitrojen (%5) gibi gazlardan oluşan renksiz, kokusuz, havadan hafif bir gazdır (Aguilar-Virgen ve ark., 2014; Barros ve ark., 2014; Amini ve Reinhart, 2011; Amini ve ark., 2012; Schneider ve ark., 2012). Her çeşit hayvanın gübresinden ve özellikle içeriğinde yüksek oranda yağ, şeker, nişasta ve karbohidrat içeren tarımsal ürünlerden tarımsal kökenli biyogaz elde edilebilmektedir. Ancak sığır gübresinin bünyesinde anaerobik fermantasyonu sağlayan mikroorganizmalar olduğu için bu grup organik atıklar biyogaz üretiminde ayrı bir öneme sahiptirler (Zhang ve ark., 2008; Alibas, 1996).

En yaygın kullanımı biyogaz olan biyokütle enerjisinin kullanımı ile enerji sağlamanın yanı sıra atık

kontrolünün sağlanması yolu ile çevre kirliliğinin de büyük ölçüde önüne geçilmesi sağlanabilmektedir. Biyogaz, yakıt olarak kullanılmasının yanı sıra bir jeneratör yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürülerek de kullanılabilen bir enerji kaynağıdır (McCabe ve ark., 2014; Höhn ve ark., 2013; Korres ve ark., 2010).

Bu çalışmada Diyarbakır ilinin Hayvansal ve tarımsal kaynaklı biyogaz potansiyeli ve bu potansiyelden elde edilebilecek olan elektrik enerjisinin miktarı hesaplanmıştır. Ayrıca benzer hesaplamalar Güneydoğu Anadolu Bölgesi için de yapılmış böylece Diyarbakır'ın bölgedeki potansiyeli belirlenmiştir. Elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) içinde oluşturulan bir veri tabanına girilmiş, ilçelere göre dağılım haritaları oluşturulmuş, çeşitli sorgulamalar yapılarak bu çalışmanın etkinliği ve sonuçların farklı kullanıcılar tarafından erişilebilirliği artırılmıştır. CBS ile çalışılan konular genişletilmiş ve detaylandırılmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Hayvansal Atıklardan Elde Edilen Biyogazın Hesaplamasında Kullanılan Matematiksel Eşitlikler

$$DMP_{(KM)} = SM \times FM$$

Burada;  $DMP_{(KM)}$ , katı madde olarak günlük gübre üretimi ( $kg_{(KM)} \text{ gün}^{-1} \text{ BH}^{-1}$ );  $SM$ , gübrenin katı madde içeriği (%) ve  $FM$  taze gübre üretimi ( $kg \text{ gün}^{-1} \text{ BH}^{-1}$ ).

$$TOSM = \gamma \times DMP_{(KM)}$$

Burada;  $TOSM$ , toplam elde edilebilir katı madde miktarı ( $kg_{(KM)} \text{ gün}^{-1} \text{ BH}^{-1}$ );  $\gamma$ , hayvanların ahırda kalma süresi (%).

$$BH = (AP \times AAW) / LR_{AW}$$

Burada;  $BH$  birim hayvan (kg);  $AP$  hayvan sayısı (adet);  $AAW$ , ortalama hayvan ağırlığı (kg) ve  $LR_{AW}$ , büyükbaş hayvanın ortalama ağırlığı (454 kg).

$$AAWP_{(KM)} = \frac{BH \times TOSM}{1000} \times 365$$

Burada;  $AAWP_{(KM)}$  kuru madde olarak yıllık hayvansal atık miktarı ( $t_{(KM)} \text{ y}^{-1}$ ).

$$ABA_{\text{hayvansal}} = AAWP_{(KM)} \times BA_{h-km}$$

Burada;  $ABA_{hayvansal}$ , hayvansal atıklardan elde edilen biyogaz miktarı ( $m^3 y^{-1}$ ) ve  $BA_{h-km}$  birim ton kuru madde başına elde edilebilecek olan biyogaz miktarı ( $m^3 t^{-1}$ ).

$$E_t = (ABA_{hayvansal} \times I) / 3.6$$

Burada;  $E_t$ , hayvansal kaynaklı biyogazın yakılmasıyla elde edilebilecek olan enerji miktarı ( $kWh y^{-1}$ ) ve  $I$ , ısı değer ( $Mj m^{-3}$ ).

$$E = E_t \times \eta$$

Burada;  $E$ , hayvansal kaynaklı biyogazdan elde edilebilecek olan net elektrik enerjisi miktarı ( $kWh y^{-1}$ ) ve  $\eta$ , Elektrik jeneratörünün verimi (%).

### Bitkisel Atıklardan Elde Edilen Biyogazın Hesaplamasında Kullanılan Matematiksel Eşitlikler

$$MVWA = OWC \times PA$$

Burada;  $MVWA$ , nemli bitkisel atık miktarı ( $t y^{-1}$ );  $OWC$ , bitkisel atık/ürün oranı ve  $PA$ , bitkisel üretim miktarı ( $Mt y^{-1}$ ).

$$AVWP_{(KM)} = \left[ \left( \frac{100 - M_R}{100} \right) \right] \times MVWA$$

Burada;  $AVWP_{(KM)}$ , katı madde olarak yıllık bitkisel atık miktarı ( $t_{(SM)} y^{-1}$ ) ve  $M_R$ , nem oranı (%).

$$ABA_{bitkisel} = AVWP_{(KM)} \times BA_{b-km}$$

Burada;  $ABA_{bitkisel}$ , bitkisel atıklardan elde edilebilecek yıllık biyogaz miktarı ( $m^3 y^{-1}$ ) ve  $BA_{b-km}$ , birim ton kuru madde başına elde edilebilecek olan biyogaz miktarı ( $m^3 t_{(KM)}^{-1}$ ).

$$E_t = (ABA_{bitkisel} \times I) \times 3.6$$

Burada;  $E_t$ , bitkisel kaynaklı biyogazın yakılmasıyla elde edilebilecek olan enerji miktarı ( $kWh y^{-1}$ ) and  $I$ , ısı değer ( $Mj m^{-3}$ ).

$$E = E_t \times \eta$$

Burada;  $E$ , hayvansal kaynaklı biyogazdan elde edilebilecek olan net elektrik enerjisi miktarı ( $kWh y^{-1}$ ) ve  $\eta$ , Elektrik jeneratörünün verimi (%).

### Çalışma Alanı ve Konumu

Diyarbakır ili sınırları konumsal olarak  $37^{\circ}30' - 38^{\circ}44'$  kuzey enlemleri ve  $39^{\circ}6' - 41^{\circ}20'$  doğu

boylamları arasında yer almakta ve  $15409 km^2$  alan kaplamaktadır (Şekil 1). Bursa ili toplamda 17 ilçeye sahiptir. Bunlar; Merkez ilçe (Bağlar, Kayapınar, Sur ve Yenişehir ilçeleri), Bismil, Çermik, Çınar, Çüngüş, Dicle, Eğil, Ergani,, Hani, Hazro, Kocaköy, Kulp, Lice ve Silvan'dır. Tarım ve turizm kenti olan Diyarbakır şehri nüfus yoğunluğu bakımından Türkiye'nin 12. büyük kentidir. Tarımsal üretim daha çok tahıllar (buğday, arpa, mısır, çeltik, ayçiçeği, darı) ve baklagiller (mercimek, nohut) ekimi şeklindedir. Merkez yerleşiminin yaklaşık 9000 yıllık tarihsel geçmişi de olan Diyarbakır pek çok tarihi esere de ev sahipliği yapmaktadır.

### Çok Yıllık Hayvan Sayıları ve Tarımsal Üretim Verileri

Bu çalışmada Diyarbakır ili hayvan popülasyonu ilçeler bazında ele alınmıştır. Her ilçeye ait süt sığırı, et sığırı, koyun-keçi, tavuk, hindi-kaz-ördek, at-eşek-katır ve deve sayıları 2010-2014 yıllarına ilişkin TUIK verilerinden derlenmiştir.

Ayrıca Diyarbakır ili tarımsal üretim verileri ilçeler bazında incelenmiştir. Her ilçeye ait buğday, mısır, çeltik, arpa, ayçiçeği, soya, çavdar, şekerpancarı ve darı üretim miktarları 2010-2014 yıllarına ilişkin TUIK verilerinden derlenmiştir.

### Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve veri tabanı kurulumu

Tüm derlenen veriler ve veri organizasyonu için CBS içinde bir veri tabanı oluşturulmuş, bitkisel ve hayvansal atık miktarları ile ilgili veriler sisteme girilmiştir. Altlık harita olarak ilçe sınırları bazında oluşturulan Diyarbakır ili çizgisel sınır haritası hazırlanmıştır. Diyarbakır ilinin kapladığı alan (yüzölçümü) oluşturulmuş olan bu altlık haritadan CBS içinde hesaplanmıştır. Çizgi haritası poligon formatına çevrilmiş ve öznitelik çizelgesi veri tabanı içindeki veri çizelgeleri ile ilişkilendirilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuç verileri de veri çizelgesine ayrı bir sütun olarak girilmiş ve sınır haritası ile ilişkilendirilmiştir. Verilerin ve elde edilen sonuçların daha iyi anlaşılabilmesi ve ilçelerin birbirleriyle olan farklılıklarının daha anlaşılır biçimde ortaya dökülebilmesi için renkli dağılım haritaları oluşturulmuş ve yorumlamada kolaylıklar sağlanmıştır. Ayrıca bitkisel ve hayvansal kaynaklı atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyeli ile bu potansiyele eşdeğer kazanılabilecek elektrik enerjisi miktarı harita üzerinde farklı ilçeler için

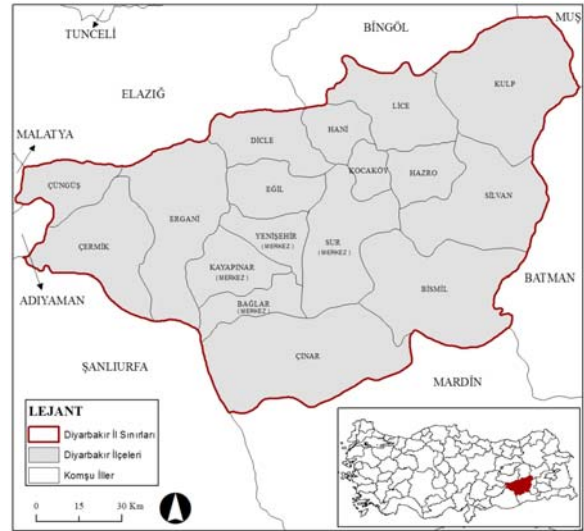
karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma analizleri CBS içinde her ilçe için ayrı ayrı bitkisel ve hayvansal atık kaynaklı oluşabilecek biyogaz potansiyeli ve bu potansiyelden kazanılacak elektrik enerjisi miktarları ortaya dökülmüştür. Bunlara ek olarak, bitkisel ve hayvansal atıkların toplamından elde edilebilecek toplam biyogaz potansiyeli ve elektrik enerjisi kazanımı da sorgulanmıştır. Ayrıca ilçeler bazında kişi başına düşecek biyogaz kaynaklı elektrik enerjisi miktarları da hesaplanarak haritalandırılmıştır. Bu amaçlar için ArcGIS 9.1 CBS yazılımı kullanılmıştır.

### ARAŞTIRMA BULGULARI

Diyarbakır'ın 2010-2014 yılları arasındaki ortalama et sığırı, süt sığırı, küçükbaş (koyun, keçi) tavuk, diğer kanatlılar (hindi, ördek, kaz), tek tırnaklılar (at, eşek, katır) ve deve sayılarına göre kuru madde olarak toplam organik atık potansiyeli Çizelge 1'de verilmiştir. Kuru madde olarak toplam organik atık potansiyelinden elde edilebilecek biyogaz miktarı ile bu biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisi ise Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelge 1'e göre, kuru madde olarak hayvansal organik atığın % 87,03'ü büyükbaş hayvanlardan (et sığırı, süt sığırı ve manda), % 8,40'ı küçükbaş hayvanlardan (koyun ve keçi), %3,02'si kümes hayvanlarından (tavuk, hindi, kaz ve ördek) ve %1,54'ü ise tek tırnaklı hayvanlardan (at, eşek ve katır) elde edilmektedir. Çizelge 2'ye göre, Diyarbakır'ın toplam hayvansal biyogaz potansiyelinin 50.81 milyon m<sup>3</sup>/yıl olduğu hesaplanmıştır. Diyarbakır'ın biyogaz potansiyelinin % 83.48'inin büyükbaş hayvanlardan, % 10.01'unun küçükbaş hayvanlardan, %4.30'unun kümes hayvanlarından, % 2.20'sinin tek tırnaklı hayvanlardan ve %0.01'inin ise deve atıklarından elde edildiği belirlenmiştir. Çalışmada, elde edilebilecek olan hayvansal kaynaklı biyogaz potansiyelinin tamamının bir jeneratör aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle 96.05 GWh/yıl'lık bir enerji elde edilebileceği saptanmıştır. Biyogaz potansiyelinden elde edilecek elektrik enerjisinin % 82.80'i büyükbaş hayvanlardan sağlanırken, bunu sırasıyla % 10.30 oranı ile küçükbaş hayvanlar, %4.56 oranı ile kümes hayvanları, %2.33 oranı ile tek tırnaklı hayvanlar ve %0.01 oranı ile deve izlemiştir.

Diyarbakır'ın 2010-2014 yılları arasındaki ortalama buğday, mısır, çeltik, arpa, ayçiçeği, soya, çavdar, şekerpancarı ve darı üretiminden elde edilen toplam organik atık, biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli

Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 3'e göre, kuru madde olarak hayvansal organik atığın % 79.33'ü buğday atıklarından, %12.89'u arpa atıklarından, %6.82'si mısır atıklarından ve %0.96'sı ise diğer ürünlerin (çeltik, ayçiçeği, soya, çavdar, şekerpancarı ve darı) atıklarından oluşmaktadır. Diyarbakır'ın toplam bitkisel biyogaz potansiyelinin 827.42 milyon m<sup>3</sup>/yıl olduğu hesaplanmıştır. Diyarbakır'ın biyogaz potansiyelinin %77.36'sının buğday atıklarından, %12.57'sinin arpa atıklarından, %8.86'sinin mısır atıklarından ve geri kalan %1.21'inin ise diğer ürünlerin atıklarından elde edildiği belirlenmiştir. Çalışmada, elde edilebilecek olan bitkisel kaynaklı biyogaz potansiyelinin tamamının bir jeneratör aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle 1623.37 GWh yıl<sup>-1</sup>'lık bir enerji elde edilebileceği saptanmıştır. Biyogaz potansiyelinden elde edilecek elektrik enerjisinin % 98.79'u buğday, arpa ve mısır atıklarından, geri kalan %1.21'i ise diğer bitkilerin atıklarından elde edilebileceği belirlenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı konumu ve yer buldu haritası

Diyarbakır'ın 17 ilçesinin 2010-2014 yılları arasındaki ortalama kuru madde olarak hayvansal organik atık potansiyeli, bu potansiyelden elde edilebilecek olan biyogaz potansiyeli, bu potansiyelden elde edilebilecek olan elektrik enerjisi miktarları, kişi başına düşen hayvansal kaynaklı biyogaz ve bu biyogazdan elde edilebilecek olan elektrik enerjisi miktarları Çizelge 4'de verilmiştir. Şekil 2A'da Diyarbakır ili hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin ilçelere göre dağılımını gösteren harita sunulmuştur. Hayvansal kaynaklı biyogaz potansiyelinin 3 milyon m<sup>3</sup>/yıl'ın üzerinde olduğu ilçeler içinde en yüksek potansiyelin 7.47 milyon m<sup>3</sup>/yıl değeri ve % 14.70

oranı ile Çınar ilçesi olduğu bunu sırasıyla 7.11 milyon m<sup>3</sup>/yıl değeri ve % 13.99 oranı ile Ergani, 5.95 milyon m<sup>3</sup>/yıl değeri ve % 11.70 oranı ile Silvan, 3.78 milyon m<sup>3</sup>/yıl değeri ve % 7.44 oranı ile Kulp ve 3,44 milyon m<sup>3</sup>/yıl değeri ve % 6,77 oranı ile Çermik İlçelerinin izlediği saptanmıştır. Merkez İlçeler olan Bağlar, Kayapınar, Sur ve Yenişehir'in toplam hayvansal kaynaklı biyogaz potansiyelinin ise 8.05 milyon m<sup>3</sup>/yıl değeri ve % 8.38 oranı ile yüksek bir potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir. Bismil ve Eğil ilçelerinin hayvansal biyogaz potansiyelinin 2-2.99 milyon m<sup>3</sup>/yıl; Dicle, Hani, Hazro, Kocaköy ve Lice ilçelerinin hayvansal biyogaz potansiyelinin 1-1.99 milyon m<sup>3</sup>/yıl ve Çüngüş İlçesinin hayvansal kaynaklı biyogaz potansiyelinin ise 1 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> değerinin altında bulunduğu saptanmıştır.

Diyarbakır'ın 17 ilçesinin 2010-2014 yılları arasındaki ortalama kuru madde olarak bitkisel organik atık potansiyeli, bu potansiyelden elde edilebilecek olan biyogaz potansiyeli, bu potansiyelden elde edilebilecek olan elektrik enerjisi miktarları, kişi başına düşen hayvansal kaynaklı biyogaz ve bu biyogazdan elde edilebilecek olan elektrik enerjisi miktarı Çizelge 5'de verilmiştir. Şekil 2B'de Diyarbakır ili bitkisel atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin ilçelere göre dağılımını gösteren harita sunulmuştur. Harita ve çizelge incelendiğinde; Bitkisel kaynaklı biyogaz potansiyelinin 100 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup>'in üzerinde olduğu ilçeler içinde en yüksek potansiyelin 188.25 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> değeri ve % 22.75 oranı ile Bismil ilçesi olduğu

bunu sırasıyla 136.39 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> değeri ve % 16.48 oranı ile Sur ve 111.19 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> değeri ve % 13.44 oranı ile Silvan, ilçelerinin izlediği saptanmıştır. Merkez İlçeler olan Bağlar, Kayapınar, Sur ve Yenişehir'in toplam bitkisel kaynaklı biyogaz potansiyelinin ise 214.93 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> değeri ve % 25.98 oranı ile oldukça yüksek bir potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir. Çınar ve Ergani ilçelerinin bitkisel kaynaklı biyogaz potansiyelinin sırasıyla 99.60 ve 81.10 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup>'lik bir potansiyele sahip olduğu ve bu potansiyellerin %12.04 ve %9.80'lik bir payı oluşturduğu tespit edilmiştir. Çermik, Kocaköy ve Hazro'nun potansiyellerinin ise sırasıyla %21.54, %20.42 ve %20.24 olduğu saptanmıştır. Dicle, Kulp, Lice ve Hani ilçelerinin bitkisel biyogaz potansiyelinin 10-10.99 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> ve Çüngüş ve Eğil ilçelerinin bitkisel kaynaklı biyogaz potansiyelinin ise 10 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> değerinin altında bulunduğu saptanmıştır. Sonuçların harita üzerinde gösterilmesi konu hakkında bilgisi olmayan kişilere ve karar vericilere de büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Şekil 2A ve 2B'den de görülebileceği gibi Diyarbakır ili biyogaz potansiyeli ilçelere göre ve biyogazın üretilebileceği kaynağa göre farklılıklar göstermektedir ve bu durum renk tonlarındaki değişim ile kolayca gözlenebilmektedir. Şekil 2 ile Çizelge 4-5'de verilen harita ve veriler incelendiğinde Diyarbakır ilinde bitkisel atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinden çok daha fazla olduğu gözlemlenmektedir

**Çizelge 1. Diyarbakır ilinin kuru madde olarak organik hayvansal atık potansiyeli**

Hayvan Cinsi	FM	SM	DMP <sub>(KM)</sub>	Y	TOSM	AP	BH	AAW	AAWP <sub>(KM)</sub>
Süt Sığırı	33,331	12,7	4,233	65	2,75	142392	454	142392	143002,18
Et Sığırı	34,681	11,6	4,023	25	1,01	182435	454	182435	66971,52
Koyun, Keçi	16,440	25	4,110	13	0,53	943721	50	103934,07	20269,17
Tavuk	25,292	25	6,323	99	6,26	450461	2	1984,41	4534,01
Hindi, Ördek, Kaz	26,616	25	6,654	68	4,52	94266	8	1661,08	2743,31
At, Eşek, Katır	37,710	21	7,919	29	2,30	8069	250	4443,39	3724,61
Deve	37,710	26,3	9,918	29	2,88	10	500	11,45	12,02
TOPLAM						1821354			241256,83

**Çizelge 2. Diyarbakır ilinin hayvansal biyogaz potansiyeli ve bu potansiyelden elde edilebilecek olan elektrik enerjisi miktarı**

Hayvan Cinsi	AAWP <sub>(KM)</sub>	BA <sub>n-km</sub>	ABA <sub>hayvansal</sub>	I	E <sub>t</sub>	H	E
Süt Sığırı	143002,18	202	28886440,20	27	216,65	25	54,16
Et Sığırı	66971,52	202	13528247,13	27	101,46	25	25,37
Koyun, Keçi	20269,17	251	5087562,00	28	39,57	25	9,89
Tavuk	4534,01	300	1360202,73	28,9	10,92	25	2,73
Hindi, Ördek, Kaz	2743,31	300	822992,66	28,9	6,61	25	1,65
At, Eşek, Katır	324,61	300	1117384,34	28,9	8,97	25	2,24
Deve	12,02	300	3607,21	28,9	0,03	25	0,01
TOPLAM	241256,83		50806436,27		384,21		96,05

**Çizelge 3. Diyarbakır ilinin kuru madde olarak organik bitkisel atık potansiyeli, bu potansiyelden elde edilebilecek olan biyogaz ve elektrik enerjisi miktarı**

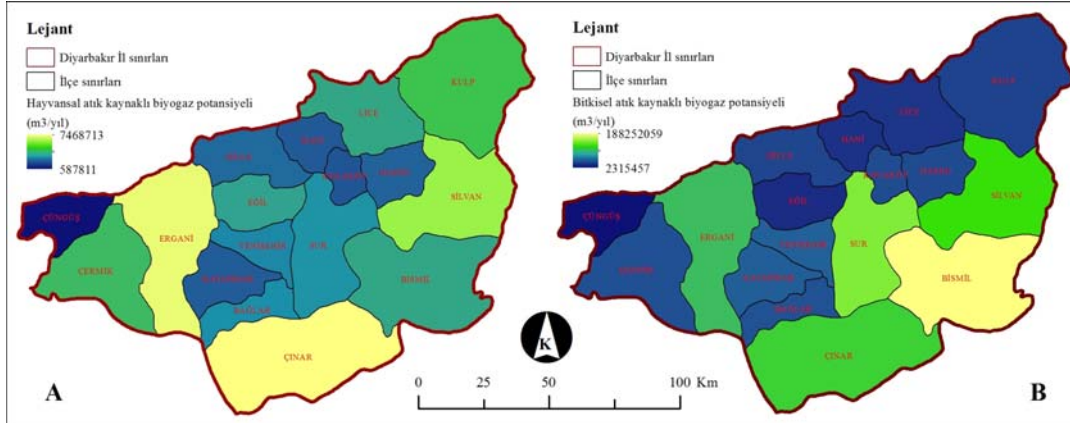
Ürün Cinsi	OW						I	E <sub>t</sub>	η	E	
	PA	M <sub>R</sub>	C	MVWA	AVWP <sub>(KM)</sub>	BA <sub>b-km</sub>					ABA <sub>bitkisel</sub>
Buğday	1102604,2	14	1,5	1653906,30	1422359,418	450	640061738,10	28,1	4996,04	25	1249,01
Mısır	144657,2	15,5	1	144657,20	122235,334	600	73341200,40	29,8	607,10	25	151,78
Çeltik	10241,6	14	1,5	15362,40	13211,664	600	7926998,40	28,1	61,87	25	15,47
Arpa	179203,6	14	1,5	268805,40	231172,644	450	104027689,80	28,1	811,99	25	203,00
Ayçiçeği	2898,2	14,5	0,59	1709,94	1461,997	600	877198,19	29,8	7,26	25	1,82
Soya	219,4	13	1,5	329,10	286,317	600	171790,20	28,1	1,34	25	0,34
Çavdar	8,2	14	1,5	12,30	10,578	450	4760,10	28,1	0,04	25	0,01
Şekerpancarı	647,2	84	0,4	258,88	41,421	600	24852,48	29,8	0,21	25	0,05
Darı	1686,6	14	1,5	2529,90	2175,714	450	979071,30	28,1	7,64	25	1,91
<b>TOPLAM</b>							827415298,97		6493,50		1623,37

**Çizelge 4. Diyarbakır'ın ilçelere göre kuru madde olarak hayvansal organik potansiyeli, bu potansiyelden elde edilebilecek olan biyogaz ve elektrik enerjisi miktarı**

İlçeler	Kuru Madde Olarak Hayvansal Organik Atık Potansiyeli (ton.KM/yıl)	Hayvansal Biyogaz Potansiyeli (m3/yıl)	Hayvansal Kökenli Elektrik Enerjisi (GWh/yıl)	Kişi Başına Düşen Hayvansal Biyogaz Potansiyeli (m3/yıl kişi)	Kişi Başına Düşen Hayvansal Elektrik Enerjisi Potansiyeli (kWh/yıl kişi)
BİSMİL	13360.77	2821866.49	5.34	25,09	47,47
ÇERMİK	15502.56	3439705.85	6.56	67,54	128,88
ÇINAR	35385.74	7468713.14	14.12	107,65	203,56
ÇÜNGÜŞ	2651.26	587811.17	1.12	45,58	87,08
DİCLE	7864.06	1651324.79	3.12	41,25	77,95
EĞİL	13052.11	2703964.00	5.10	118,67	223,63
ERGANİ	33869.87	7105506.24	13.42	57,55	108,71
HANI	6810.80	1448782.03	2.75	44,70	84,70
HAZRO	7582.92	1569985.97	2.96	92,06	173,49
KOCAKÖY	6656.08	1389949.73	2.62	84,98	160,39
KULP	17925.18	3780864.66	7.15	104,40	197,44
LİCE	13687.61	2839369.98	5.35	107,44	202,55
SİLVAN	28884.23	5945324.52	11.19	68,63	129,16
BAĞLAR	10400.93	2199009.07	4.16	5,99	11,33
KAYAPINAR	6971.33	1481292.61	2.80	5,07	9,59
SUR	11051.96	2299438.57	4.34	18,89	35,63
YENİŞEHİR	9599.41	2073527.44	3.94	10,04	19,08
<b>TOPLAM</b>	<b>241256.83</b>	<b>50806436.27</b>	<b>96.05</b>	<b>31,07</b>	<b>58,75</b>

**Çizelge 5. Diyarbakır'ın ilçelere göre kuru madde olarak hayvansal organik potansiyeli, bu potansiyelden elde edilebilecek olan biyogaz ve elektrik enerjisi miktarı**

İlçeler	Kuru Madde Olarak Bitkisel Organik Atık Potansiyeli (ton.KM/yıl)	Bitkisel Biyogaz Potansiyeli (m3/yıl)	Bitkisel Kökenli Elektrik Enerjisi (GWh/yıl)	Kişi Başına Düşen Bitkisel Biyogaz Potansiyeli (m3/yıl kişi)	Kişi Başına Düşen Bitkisel Elektrik Enerjisi Potansiyeli (kWh/yıl kişi)
BİSMİL	394798,97	188252059,68	372,36	1673,93	3310,97
ÇERMİK	47426,14	21540575,57	42,04	422,96	825,55
ÇINAR	218670,14	99601482,30	194,62	1435,59	2805,19
ÇÜNGÜŞ	5124,39	2315457,30	4,52	179,56	350,74
DİCLE	41121,85	18504830,70	36,11	462,24	902,01
EĞİL	20578,85	9260484,30	18,07	406,41	793,07
ERGANİ	178262,01	81098871,49	158,40	656,81	1282,85
HANI	23985,84	10811679,00	21,11	333,56	651,17
HAZRO	44892,98	20238445,80	39,49	1186,73	2315,84
KOCAKÖY	45294,04	20422189,80	39,86	1248,53	2436,85
KULP	37026,42	16676643,00	32,55	460,49	898,74
LİCE	27941,40	12573630,00	24,54	475,79	928,45
SİLVAN	236546,92	111186690,30	219,21	1283,42	2530,30
BAĞLAR	50140,76	22763889,00	44,43	61,97	120,95
KAYAPINAR					
R	60286,66	27684659,51	54,19	94,68	185,32
SUR	301349,00	136393911,90	266,49	1120,28	2188,82
YENİŞEHİR	59508,71	28089799,32	55,40	136,01	268,22
<b>TOPLAM</b>	<b>1792955,09</b>	<b>827415298,97</b>	<b>1623,37</b>	<b>506,05</b>	<b>992,86</b>



**Şekil 2. A. Diyarbakır İlde hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin ilçelere göre dağılımı haritası (m³/yıl). B. Diyarbakır İlde bitkisel atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin ilçelere göre dağılımı haritası (m³/yıl).**

Şekil 3A'da Diyarbakır'da 17 ilçenin kişi başına düşen hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyeli dağılımı haritası ve ilçeler arasındaki farklılıklar sunulmuştur. Bu harita hayvansal atıklarından sağlanabilecek biyogaz potansiyelinin ilgili ilçelerde yaşayan nüfusa oranlanmasıyla CBS içinde üretilmiştir. Şekil 3A ve Çizelge 4'deki veriler incelendiğinde Diyarbakır ilçeleri içinde kişi başına düşebilecek olan en büyük biyogaz potansiyelinin Eğil ilçesinde olduğu ( $118.67 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$ ) anlaşılmaktadır. Bunu sırasıyla  $107.65.43 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  değeri ile Çınar,  $107.44 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  ile Lice,  $104.40 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  ile Kulp,  $92.06 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  ile Hazro,  $84.98 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  ile Kocaköy,  $68.63 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  ile Silvan,  $67.54 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  ile Çermik ve  $57.55 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  ile Ergani ilçelerinin izlediği belirlenmiştir. Diğer 8 ilçenin kişi başına düşen biyogaz potansiyeli ise  $50 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  değerinin altında kalmıştır. Çüngüş, Dicle ve Hani ilçelerinin kişi başına düşen hayvansal biyogaz potansiyelinin  $40-49.99 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  değeri arasında olduğu belirlenmiştir. Diyarbakır'ın kişi başına düşen hayvansal biyogaz potansiyelinin ise  $31.07 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  olduğu saptanmıştır. Buna göre Bismil, Bağlar, Kayapınar, Sur ve Yenişehir ilçelerinde kişi başına düşen hayvansal kaynaklı biyogaz miktarının Diyarbakır ortalaması olan  $31.07 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  değerinin altında kaldığı belirlenmiştir.

Şekil 3B'de Diyarbakır ili kişi başına düşen bitkisel atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin ilçelere göre dağılımı haritası ve ilçeler arasındaki farklılıklar sunulmuştur. Bu harita bitkisel atıklarından sağlanabilecek biyogaz potansiyelinin ilgili ilçelerde yaşayan nüfusa oranlanmasıyla üretilmiştir. Şekil 3B ve Çizelge 5'deki veriler incelendiğinde Diyarbakır

ilçeleri içinde kişi başına düşebilecek olan en büyük biyogaz potansiyelinin Bismil ilçesinde olduğu ( $1673.93 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$ ) anlaşılmaktadır. Bunu sırasıyla  $1435.59 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  değeri ile Çınar,  $1283.42 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  ile Silvan,  $1248.53 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  ile Kocaköy,  $1186.73 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  ile Hazro,  $1120.28 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  ile Sur ve  $656.81 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  ile Ergani ilçelerinin izlediği belirlenmiştir. Diğer 10 ilçenin kişi başına düşen biyogaz potansiyeli ise Diyarbakır bitkisel biyogaz potansiyelinin ortalaması olan  $506.05 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1} \text{ kişi}^{-1}$  değerinin altında kalmıştır. Şekil 4A'da Diyarbakır İlde hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin tamamının elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle ortaya çıkacak enerji potansiyelinin ilçelere göre dağılımı ve ilçeler arasındaki farklılıklar sunulmuştur. Buna göre, ilçeler içindeki en büyük potansiyelin  $14.12 \text{ GWh/yıl}$  değeri ve % 14.70'lık karşılama oranı ile Çınar'da olduğu, bunu sırasıyla  $13.42 \text{ GWh/yıl}$  değeri ve % 13.97'lik pay ile Ergani,  $11.19 \text{ GWh/yıl}$  değeri ve % 11.65'lik pay ile Silvan,  $7.15 \text{ GWh/yıl}$  değeri ve % 7.44'lik pay ile Kulp ve  $6.56 \text{ GWh/yıl}$  değeri ve % 6.83'lük pay ile Çermik'in izlediği belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışma ile nispeten hayvancılığın daha az yapıldığı diğer 12 ilçenin potansiyelinin Diyarbakır'ın hayvansal biyogaz potansiyelinden üretilebilecek olan elektrik enerjisi ortalaması olan  $5.65 \text{ GWh/yıl}$  değerinin altında olduğu saptanmıştır (Çizelge 4).

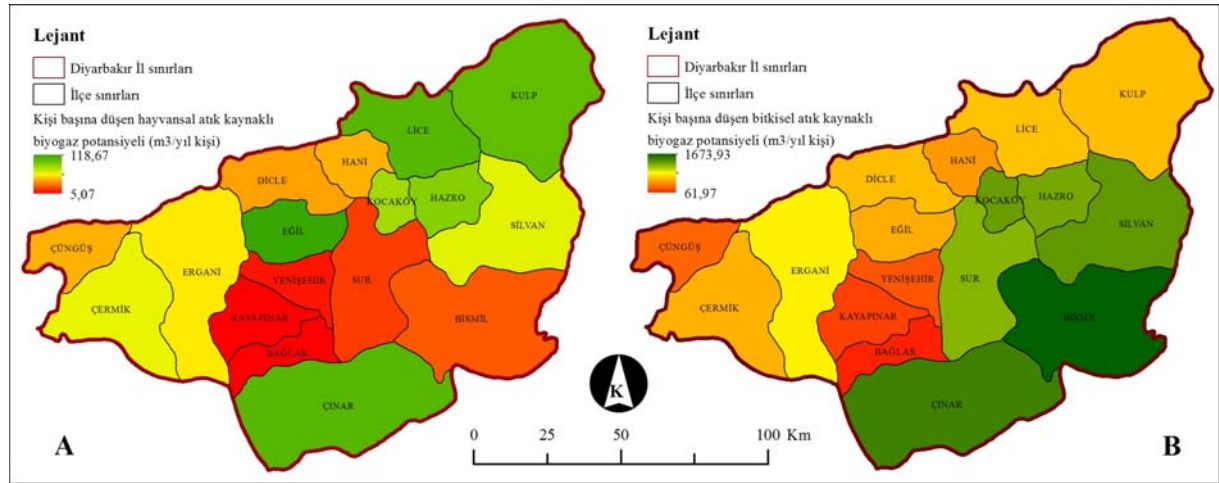
Şekil 4B'de Diyarbakır İlde bitkisel atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin tamamının elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle ortaya çıkacak enerji potansiyelinin ilçeler bazındaki dağılımı ve ilçeler arasındaki farklılıklar sunulmuştur. Buna göre, ilçeler içindeki en büyük potansiyelin  $372.36 \text{ GWh/yıl}$  değeri ve % 22.94'lük karşılama oranı ile Bismil'de olduğu, bunu



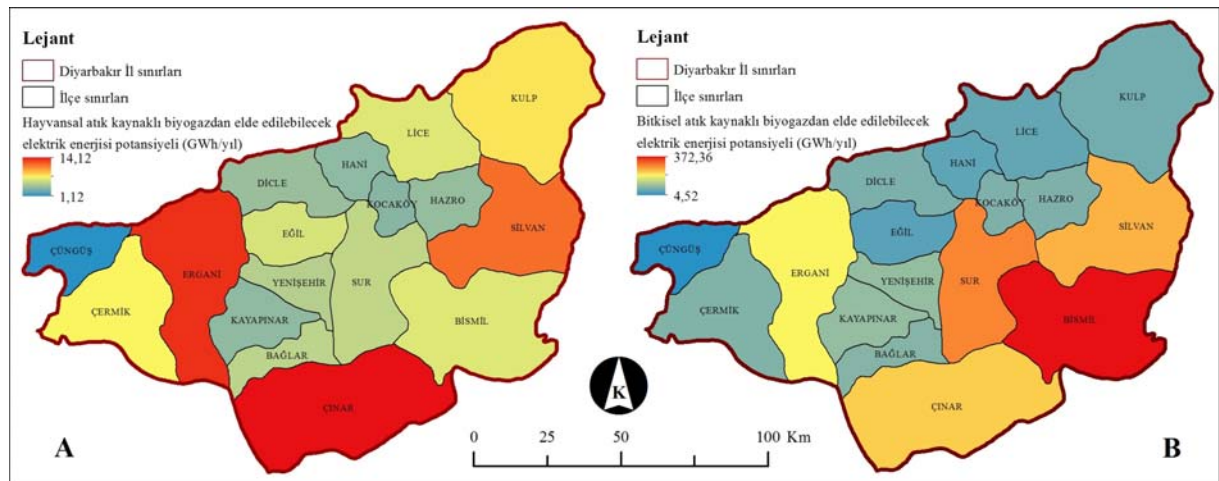
## Diyarbakır İli Tarımsal Kaynaklı Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi

sırasıyla 266.49 GWh/yıl değeri ve % 16.42'lik pay ile Sur, 219.21 GWh/yıl değeri ve % 13.50'lik pay ile Silvan, 194.62 GWh/yıl değeri ve % 11.99'luk pay ile Çınar ve 158.40 GWh/yıl değeri ve % 9.76'lık pay ile Ergani'nin izlediği belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışma ile nispeten bitkisel üretimin daha az yapıldığı diğer 12 ilçenin potansiyelinin Diyarbakır bitkisel biyogaz potansiyelinden üretilebilecek olan elektrik enerjisi ortalaması olan 95.49 GWh/yıl değerinin altında olduğu saptanmıştır (Çizelge 5). Şekil 3 ve Şekil 4'de sunulan haritaların genel yorumuna göre; diğer ilçelere kıyasla Çınar ve Ergani ilçelerinde hayvansal

atık kaynaklı biyogazın elde edilmesi ve bu biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisi potansiyeli yüksek iken bitkisel atık kaynaklı biyogaz ve elektrik enerjisi üretim potansiyeli diğer ilçelere göre düşük seviyelerde kalmaktadır. Bismil, Sur, Silvan ilçelerinde ise bitkisel atık kaynaklı biyogaz potansiyeli ve bu potansiyel kullanılarak üretilebilecek elektrik enerjisi miktarı diğer ilçelere oranla yüksek bulunmuştur. Ancak söz konusu bu ilçelerin hayvansal atık kaynaklı biyogaz ve bundan elde edilebilecek elektrik enerjisi potansiyelleri düşük çıkmıştır.



**Şekil 3. A. Diyarbakır İlinde kişi başına düşen hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin ilçelere göre dağılımı haritası (m<sup>3</sup>/yıl kişi). B. Diyarbakır İlinde kişi başına düşen bitkisel atık kaynaklı biyogaz potansiyelinin ilçelere göre dağılımı haritası (m<sup>3</sup>/yıl kişi)**



**Şekil 4. A. Diyarbakır İlinde hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinden elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarının ilçelere göre dağılımı haritası (GWh/yıl). B. Diyarbakır İlinde bitkisel atık kaynaklı biyogaz potansiyelinden elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarının ilçelere göre dağılımı haritası (GWh/yıl).**



Hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinden üretilebilecek elektrik enerjisinin ilçeler bazında nüfusa oranlanması ile bu üretimden kişi başına düşecek elektrik enerjisi miktarları da hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 4'de ve CBS ile üretilen ilçelere göre dağılım haritası ise Şekil 5A'da sunulmuştur. Buna göre; elde edilen biyogazın doğrudan elektriğe çevrilerek kullanılması durumunda Eğil ilçesi 223.63 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup>lik bir hayvansal kaynaklı elektrik potansiyeli ile en fazla potansiyeli olan ilçe olarak belirlenmiştir. Çınar ve Lice ilçelerinin kişi başına düşen hayvansal kaynaklı elektrik potansiyelinin 200 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değerinin üzerinde olduğu; Kulp, Hazro, Kocaköy, Silvan, Çermik ve Ergani ilçelerinin ise 100 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değerinin üzerinde bir potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir. Çüngüş, Hani ve Dicle ilçeleri Diyarbakır hayvansal kaynaklı biyogaz potansiyelinden elde edilebilecek olan elektrik enerjisinin ortalama değeri olan 88.75 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değerinden daha yüksek bir potansiyele sahip olduğu tespit edilirken; Bismil, Bağlar, Kayapınar, Sur ve Yenişehir'in potansiyellerinin bu değer altında olduğu belirlenmiştir.

Bitkisel atık kaynaklı biyogaz potansiyelinden üretilebilecek elektrik enerjisinin ilçeler bazında nüfusa oranlanması ile bu üretimden kişi başına düşecek elektrik enerjisi miktarları da hesaplanmıştır. Sonuçlar Çizelge 5'de ve CBS ile üretilen ilçelere göre dağılım haritası ise Şekil 5B'de sunulmuştur. İlçelerin nüfus yoğunluğu göz önüne alındığında; merkez ilçelerde düşük olmakla beraber Eğil, Çınar, Kulp ve Lice ilçelerinde kişi başına düşen hayvansal atık kaynaklı biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisi potansiyeli yüksek ve diğer ilçelerin orta seviyelerde kalmıştır (Şekil 5). Elde edilecek biyogazın doğrudan elektriğe çevrilerek kullanılması durumunda Bismil 3310.97 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup>lik bitkisel kaynaklı elektrik potansiyeli ile en fazla potansiyele sahip ilçedir. Bunu sırasıyla 2805.19 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Çınar, 2530.30 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Silvan, 2436.85 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Kocaköy, 2315.84 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Hazro 2188.82 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Sur ve 1282.85 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Ergani ilçelerinin izlediği saptanmıştır. Diğer 10 ilçenin bitkisel kaynaklardan elde edilebilecek olan biyogazdan elde edilebilecek olan elektrik enerjisi ortalaması olan 992.86 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değerinin altında kaldığı saptanmıştır (Çizelge 5 ve Şekil 5).

Diyarbakır'ın toplam tarımsal (hayvansal ve bitkisel) kaynaklı biyogaz potansiyelinin ilçelere göre dağılımı haritası Şekil 6A'da sunulmuştur. Söz konusu bu potansiyelden elde edilebilecek olan elektrik enerjisi miktarının ilçeler bazındaki durumunu gösteren harita Şekil 6B'de sunulmuştur. Hesaplamalara ait rakamsal veriler ise Çizelge 6'da verilmiştir. Buna göre; Diyarbakır İli ilçeleri içinde toplam biyogaz potansiyelinin en fazla olduğu ilçenin 191.07 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> değeri ile Bismil olduğu, bunu sırasıyla 138.69 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> değeri ile Sur, 117.13 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> değeri ile Silvan, 107.07 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> değeri ile Çınar ve 88.20 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> değeri ile Ergani ilçelerinin izlediği saptanmıştır. Merkez ilçeler olan Bağlar, Kayapınar, Sur ve Yenişehir ilçelerinin toplam biyogaz potansiyelinin 222.99 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> değeri ile Diyarbakır'ın toplam biyogaz potansiyelinin %25.39'unu oluşturduğu belirlenmiştir. Çermik, Çüngüş, Dicle, Eğil, Hani, Hazro, Kocaköy, Kulp, Lice, Bağlar, Kayapınar ve Yenişehir ilçelerinin toplam biyogaz potansiyelinin ise Diyarbakır ortalaması olan 51.66 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> değerinin altında kaldığı tespit edilmiştir. Diyarbakır'ın toplam tarımsal kaynaklı biyogaz potansiyelinin tamamının bir jeneratör aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesi durumunda en yüksek elektrik enerjisi potansiyeline sahip olan ilçenin 377.69 GWh yıl<sup>-1</sup> değeri ile Bismil olduğu, bunu sırasıyla 270.83 GWh yıl<sup>-1</sup> değeri ile Sur, 230.40 GWh yıl<sup>-1</sup> değeri ile Silvan, 208.75 GWh yıl<sup>-1</sup> değeri ile Çınar ve 171.82 GWh yıl<sup>-1</sup> değeri ile Ergani ilçelerinin izlediği tespit edilmiştir. Merkez ilçeler olan Bağlar, Kayapınar, Sur ve Yenişehir'in elektrik enerjisi potansiyelinin ise 435.74 GWh yıl<sup>-1</sup> değeri ile şehrin potansiyelinin %25.34'üne denk geldiği saptanmıştır. Diğer 12 ilçenin elektrik enerjisi potansiyelinin ise şehrin ortalaması olan 101.14 GWh yıl<sup>-1</sup> değerinin altında kaldığı belirlenmiştir.

Diyarbakır İli için kişi başına düşen toplam tarımsal kaynaklı biyogaz potansiyeli ve bu potansiyel kullanılarak üretilebilecek elektrik enerjisi miktarları sırasıyla Şekil 7A ve 7B'de sunulmuştur. İlçelerin toplam biyogaz potansiyelinin nüfusa oranlanması ile elde edilen kişi başına düşen toplam biyogaz miktarının en yüksek olduğu ilçenin 1699.02 m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Bismil olduğu, bunu sırasıyla 1543.24 m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Çınar, 1352.05 m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Silvan, 1333.50 m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Kocaköy, 1278.79 m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Hazro, 1139,17 m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Sur, 714.36 m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup>

kişi<sup>-1</sup> değeri ile Ergani, 583.23 m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Lice ve 564.89 m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Kulp ilçesinin izlediği tespit edilmiştir. Diyarbakır'ın kişi başına düşen biyogaz potansiyelinin 537.12 m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> olduğu saptanmıştır. Eğil, Dicle ve Çermik ilçelerinin sırasıyla 525.08, 503.49 ve 490.50 m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Diyarbakır ortalamasına yakın bir potansiyelde oldukları tespit edilmiştir. Hani, Çüngüş, Yenişehir, Kayapınar ve Bağlar ilçelerinin ise Diyarbakır potansiyelinin altında bir potansiyele sahip oldukları saptanmıştır (Çizelge 6).

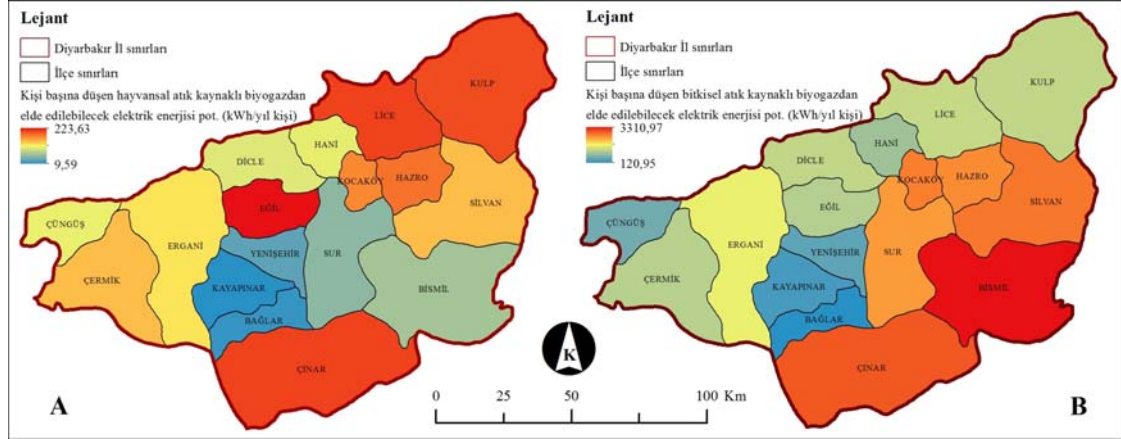
Şekil 7B ve Çizelge 6'da sunulan veriler ışığında; biyogaz potansiyelinden elde edilebilecek olan elektrik enerjisinin nüfusa oranlanmasıyla bulunan kişi başına elektrik enerjisi miktarının en yüksek olduğu ilçenin 3358.44 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> ile Bismil olduğu, bunu sırasıyla 3008.75 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Çınar, 2659.46 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Silvan, 2597.24 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Kocaköy, 2489.33 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Hazro, 2224.45 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Sur, 1391.56 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Ergani, 1131.00 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Lice ve 1096.18 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Kulp ilçelerinin izlediği tespit edilmiştir. Eğil, Dicle ve Çermik ilçelerinin kişi başına elektrik enerjisi potansiyeli ise sırasıyla 1016.69, 979.96 ve 954.43 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değeri ile Diyarbakır ortalaması olan 1051.61 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup> değerine oldukça yakın bir potansiyele sahip olduğu, buna karşın Hani, Çüngüş, Yenişehir, Kayapınar ve Bağlar ilçelerinin ise Diyarbakır ortalamasının oldukça altında olduğu belirlenmiştir. CBS içinde üretilen harita görselleri ile ilçeler arası farklılıklar daha net fark edilebilmektedir. İlçelerin birbirine olan mesafesi ile yaşayan nüfusun biyogaz ve biyogazdan üretilebilecek enerji ihtiyaçları sorgulanabilmektedir. Merkez ilçelerde yaşayan nüfusun enerji ihtiyaçları Bismil, Silvan, Çınar ve Ergani gibi komşu ilçelerden karşılanabilir olduğu gözlenmektedir. Ayrıca merkez ilçelerden birisi olan Sur ilçesinin toplam biyogaz potansiyeli de değerlendirilmelidir.

Bu çalışma sonuçlarına göre, toplam (hayvansal ve bitkisel) biyogaz potansiyeli ve bu potansiyelden elde edilebilecek elektrik enerjisi potansiyeli Bismil, Sur, Silvan, Çınar ve Ergani ilçelerinde yüksek bulunmaktadır. Biyogaz potansiyeli en zayıf ilçe ise

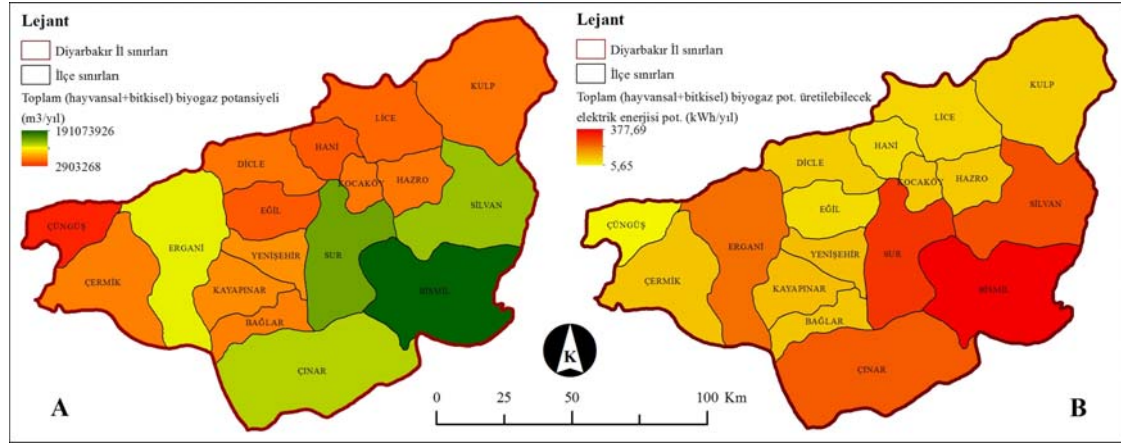
Çüngüş'tür. Merkez ilçelerden biri olan Sur ilçesinde ağırlıklı olarak bitkisel atık kaynaklı olmak üzere toplam biyogaz potansiyeli ve bu potansiyelden üretilebilecek elektrik enerjisi potansiyeli yüksek bulunmuştur. Bu durum Sur ilçesinde diğer merkez ilçelere oranla tarımsal faaliyetlerin daha fazla olduğunun da bir göstergesidir. Nüfus yoğunluğu ile yapılan kıyaslamalarda toplam biyogaz potansiyeli en zayıf ilçe olan Çüngüş'ün merkez ilçeleri (Yenişehir, Karapınar, Bağlar) geride bıraktığı görülmektedir. Bu durum Çüngüş'ün nüfusunun diğer ilçelere göre çok daha az olmasından kaynaklanmaktadır. Bismil, Çınar, Silvan, Kocaköy, Hazro ve Sur ilçelerinin kişi başına düşen toplam biyogaz potansiyelinden üretilebilecek elektrik enerjisi potansiyelleri diğer ilçelere oranla yüksek seviyelerdedir (Şekil 6 ve 7).

Diyarbakır şehrinin 2013 yılındaki elektrik tüketimi 1320.17 GWh olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2013). Ancak EPDK raporlarına göre Diyarbakır'ın kaçak elektrik tüketim oranı %70 civarındadır. Bu nedenle toplam elektrik enerjisinin kaçak elektrik miktarı ile birlikte 2244.30 GWh olduğunu söylemek mümkündür. Buna göre kişi başına düşen elektrik tüketimi 1372.62 kWh yıl<sup>-1</sup> kişi<sup>-1</sup>'dir (TÜİK, 2013). Toplam biyogaz potansiyelinden elde edilebilecek olan elektrik enerjisinin miktarı 1719.43 GWh civarındadır. Buna karşın, Diyarbakır'da 2013 yılında resmi, sanayi işletmesi, mesken, sokak aydınlatması ve diğer işlere harcadığı elektrik enerjisi %70 kaçak tüketim miktarı ile birlikte 1746.06 GWh'dir. Bu durumda Diyarbakır'ın biyo-elektrik potansiyeli ile ilin mesken, resmi daire, sanayi, sokak aydınlatması ve diğer elektrik tüketim kalemlerini karşılamının mümkün olabileceği söylenebilir. Bu çalışma ile; Diyarbakır İlinde kaçak tüketim miktarı da dahil toplam elektrik tüketiminin %76.61'lik bir kısmının biyo-elektrik enerjisi ile karşılanabileceği ortaya çıkarılmıştır.

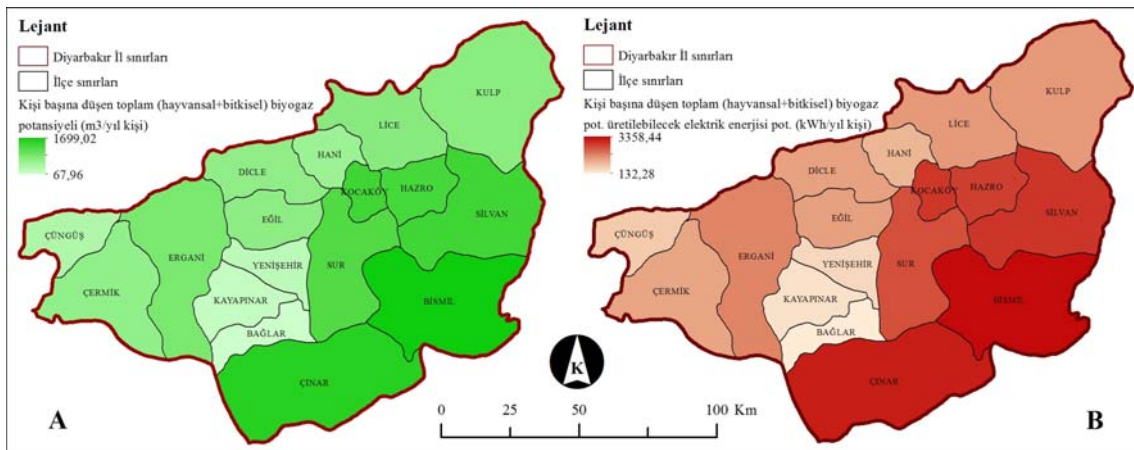
Diyarbakır'ın 878.22 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> değerindeki toplam biyogaz potansiyelinin 9 ilden (Gaziantep, Diyarbakır, Şanlıurfa, Mardin, Bitlis, Siirt, Kilis, Şırnak, Batman) oluşan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin 3734.17 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> olan toplam potansiyelinin %23.52'sine denk geldiği bu çalışma ile ortaya konulmuştur.



**Şekil 5. A. Diyarbakır İlde kişi başına düşen hayvansal atık kaynaklı biyogaz potansiyelinden elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarının ilçelere göre dağılımı (kWh/yıl). B. Diyarbakır İlde kişi başına düşen bitkisel atık kaynaklı biyogaz potansiyelinden elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarının ilçelere göre dağılımı (kWh/yıl).**



**Şekil 6. A. Diyarbakır İlının toplam biyogaz potansiyelinin ilçelere göre dağılımı haritası (m<sub>3</sub>/yıl). B. Diyarbakır İlının toplam biyogaz potansiyeli ile üretilebilecek elektrik enerjisi miktarının ilçelere göre dağılımı haritası (kWh/yıl).**



**Şekil 7. A. Diyarbakır İlde kişi başına düşen toplam biyogaz potansiyeli ve ilçelere göre dağılımı haritası (m<sub>3</sub>/yıl kişi). B. Diyarbakır İlde kişi başına düşen toplam biyogaz potansiyeli kullanılarak üretilebilecek elektrik enerjisi miktarı ve ilçelere göre dağılımı haritası (kWh/yıl kişi).**

**Çizelge 6. Diyarbakır'ın ilçelere göre toplam tarımsal biyogaz ve elektrik enerjisi potansiyeli**

İlçeler	Toplam Biyogaz Potansiyeli (m <sup>3</sup> /yıl)	Elektrik Enerjisi (GWh/yıl)	Kişi başı Biyogaz potansiyeli (m <sup>3</sup> /yıl kişi)	
			Kişi başı elektrik enerjisi potansiyeli (kWh/yıl kişi)	
BİSMİL	191073926,17	377,69	1699,02	3358,44
ÇERMİK	24980281,42	48,61	490,50	954,43
ÇINAR	107070195,44	208,75	1543,24	3008,75
ÇÜNGÜŞ	2903268,47	5,65	225,15	437,82
DİCLE	20156155,49	39,23	503,49	979,96
EĞİL	11964448,30	23,17	525,08	1016,69
ERGANİ	88204377,73	171,82	714,36	1391,56
HANİ	12260461,03	23,85	378,26	735,87
HAZRO	21808431,77	42,45	1278,79	2489,33
KOCAKÖY	21812139,53	42,48	1333,50	2597,24
KULP	20457507,66	39,70	564,89	1096,18
LİCE	15412999,98	29,89	583,23	1131,00
SİLVAN	117132014,82	230,40	1352,05	2659,46
BAĞLAR	24962898,07	48,59	67,96	132,28
KAYAPINAR	29165952,12	56,99	99,75	194,91
SUR	138693350,47	270,83	1139,17	2224,45
YENİŞEHİR	30163326,76	59,34	146,05	287,30
<b>TOPLAM</b>	<b>878221735,25</b>	<b>1719,43</b>	<b>537,12</b>	<b>1051,61</b>

## SONUÇ

Bu çalışmada, 2010-2014 yılları arasındaki istatistiksel verilere göre Diyarbakır İli ortalama biyogaz potansiyelinin 878.22 milyon m<sup>3</sup> yıl<sup>-1</sup> olduğu; bu potansiyelin %21.76'sının Bismil, %15.79'unun Sur, %13.34'ünün Silvan, %12.19'unun Çınar ve %10.04'ünün Ergani ilçelerindeki tarımsal faaliyetlerden sağlanabileceği belirlenmiştir. Merkez ilçeler olan Bağlar, Kayapınar, Sur ve Yenişehir'in biyogaz potansiyelinin ise ilin toplam potansiyelinin %25.39'una denk geldiği tespit edilmiştir.

Toplam biyogaz potansiyelinden elde edilebilecek olan elektrik potansiyelinin 1719.43 GWh yıl<sup>-1</sup> olduğu; bu potansiyelin ilçelere göre dağılımının biyogaz potansiyeli dağılımı ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak bu çalışma ile Bismil, Sur, Silvan, Çınar ve Ergani ilçelerinin toplam biyogaz ve bioelektrik potansiyelinin ve bu ilçelere ilave olarak Kocaköy, Hazro, Kulp, Lice, Eğil, Dicle ve Çermik ilçelerinin kişi başına düşen toplam biyogaz ve bu biyogazdan elde edilebilecek olan elektrik enerjisi potansiyelinin değerlendirilebilir düzeyde yüksek olduğu belirlenmiştir. Söz konusu ilçelerde mutlak

suretle öncü pilot tesislerin yapılmasının gerekliliği ortaya konulmuştur.

Bu çalışma ile tüm veriler ve hesaplanan sonuçlar CBS içinde tematik olarak haritalandırılmıştır. Böylece, ilçeler arasındaki veri farklılıklarının ve araştırma sonuçlarının sorgulanması sağlanmış, etkinliği artırılmış ve görsel olarak sonuçların gözlemlenmesini sağlamıştır. Bu çalışma sırasında çalışma alanı için üretilen veri tabanı hem bu çalışma konusu ile ilgili hem de bölge ile ilgili farklı konularda gelecekte yapılacak çalışmalar için sağlıklı bir kaynak oluşturmaktadır. Üretilen haritalarda görüldüğü gibi tarım ve hayvancılığın yoğun olduğu ilçelerde doğal olarak ortaya çıkan tarımsal atık miktarı ve biyogaz potansiyeli fazladır. Ancak bu durum nüfus ile ilişkilendirildiğinde kişi başına düşen biyogaz ve biyogazdan çevrilecek elektrik miktarları ilçeler arasında farklılık göstermiştir. Bu farklılıkların ortaya çıkarılmasında CBS ve harita görselleri büyük kolaylıklar sağlamıştır. Biyogaz potansiyeli düşük ve nüfusu az olan ilçelerde kişi başına düşen elektrik miktarı bazı biyogaz potansiyeli yüksek ve nüfusu fazla olan ilçelerden daha yüksek hesaplanmıştır. Bu karşılaştırmaların GIS içinde haritalara dökümü karar vericilere daha anlaşılabilir veri sunmaktadır.

## LİTERATÜR LİSTESİ

- Aguilar-Virgen, Q., Taboada-González, P., Ojeda-Benítez, S., Cruz-Sotelo, S. 2014. Power Generation with Biogas from Municipal solid waste: Prediction of Gas Generation with in-situ Parameters. Renewable and Sustainable Energy Reviews 30: 412–419.
- Alibaş, K. 1996. Sığır Gübresi, Tavuk Gübresi ve Arpa Sapından Sakrofilik Mezofilik ve Termofilik

- Fermantasyonlarla Biyogaz Üretimlerinin ve Fermantör Enerji Bilançolarının Belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi, Ziraat fakültesi, Araştırma ve İncelemeler No.:13. Bursa
- Amini, H.R., Reinhart, D.R., Mackie, K.R. 2012. Determination of first-order landfill gas modelling parameters and uncertainties. Waste Management, 32: 305–316.

- Amini, H.R., Reinhart, D.R. 2011. Regional prediction of long-term landfill gas to energy potential. *Waste Management*, 31(9-19):2020-2026.
- Kabir, H., Yegbemey, R.N., Bauer, S. 2013. Factors determinant of biogas adoption in Bangladesh. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 28: 881–889.
- Korres, N.E., Singh, A., Nizami, A.S., Murphy, J.D. 2010. Is grass biomethane a sustainable transport biofuel? *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 4(3): 310–325.
- Barros, R.M., Filho, G.L.T., Rodrigo da Silva, T. 2014. The electric energy potential of landfill biogas in Brazil. *Energy Policy* 65: 150–164.
- Höhn, J., Lehtonen, E., Rasi, S., Rintala, J.A. 2014. Geographical Information System (GIS) based methodology for determination of potential biomasses and sites for biogas plants in southern Finland. *Applied Energy* 113: 1–10.
- Karekezi, S. 2002. Poverty and energy in Africa: A brief review. *Energy Policy* 30(11-12): 915–919.
- Maghanaki, M.M., Ghobadian, B., Najafi, G., Galogah, R.J. 2013. Potential of biogas production in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 28: 702–714.
- McCabe, B.K., Hamawand, I., Harris, P., Baillie, C., Yusaf, T. 2014. A case study for biogas generation from covered anaerobic ponds treating abattoir wastewater: Investigation of pond performance and potential biogas production. *Applied Energy* 114: 798–808.
- Ozsoy, G., Alibas, I. 2015. GIS mapping of biogas potential from animal wastes in Bursa, Turkey. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 8(1): 74-83.
- Schneider, D.R., Kirac, M., Hublin, A. 2012. Cost-effectiveness of GHG emission reduction measures and energy recovery from municipal waste in Croatia. *Energy* 48: 203–211.
- TUİK, 2015. Türkiye İstatistik Kurumu, Tarım İstatistikleri. <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=kategorist>. Erişim Tarihi: 15.05.2015.
- Zhang, C.L., Yang, G.H., Ren, G.X., Chu, L., Feng, Y.Z., Bu, D.S. 2008. Effects of temperature on biogas production efficiency and fermentation time of four manures. *Transactions of the CSAE* 24(7): 209–212.