



**T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI**



TRA2 Bölgesi Biyokütle Enerjisi Atlası



**T.C. SERHAT KALKINMA AJANSI
TRA2 BÖLGESİ BİYOKÜTLE ENERJİSİ ATLASI**

Fotoğraflar

Serhat Kalkınma Ajansı
Mukadder YARDIMCIEL

Basım Tarihi ve Yeri

Aralık 2022, Erzurum
ISBN: 978-605-70780-2-5
Sayfa Sayısı: 72

Bu yayın 500 adet basılmıştır.

T.C. SERHAT KALKINMA AJANSI

Ortakapı Mah. Atatürk Cad. No: 69 KARS - TÜRKİYE

Tel: +90 474 212 52 00 **Fax:** +90 474 212 52 04

e-mail: info@serka.gov.tr web: www.serka.gov.tr

Grafik Tasarım ve Baskıya Hazırlık

Zafer Medya Grup
Yeni Kapı Cad. Kadıoğlu Sok.
No: 1 Yakutiye/Erzurum
0 (442) 234 22 85
zafergrafikofset@gmail.com

Yayın içerisinde kısmen ya da tamamen yayınlanması ve çoğaltılmasının fikri mülkiyet hukukuna tabidir. Kaynak gösterilmek kaydı ile T.C. Serhat Kalkınma Ajansı yayınları üçüncü kişilerce kullanılabilir.



TRA2 Bölgesi Biyokütle Enerjisi Atlası



YÖNETİCİ ÖZETİ

Küreselleşen Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artıyor olması, sanayi sektörünün her alanda gelişme göstermesi ve yaygınlaşması ile teknolojik ilerlemeler, enerji kaynakları üzerinde büyük bir baskı oluşturmakta ve iklim değişikliğinin etkilerinin gittikçe hissedilmeye başlamasıyla birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının hayati önemi ön plana çıkmaktadır. Dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de fosil yakıt kullanımının azaltılması ve alternatif enerji kaynaklarının kullanılması teşvik edilmektedir. 11. Kalkınma Planı ve Bölgesel Gelişme Ulusal Stratejisi gibi çalışmalarda da yenilenebilir enerji kullanımının artırılması, enerji verimliliğinin sağlanması ve atık yönetiminin etkinleştirilmesi hedeflenmekte ve bu doğrultuda politikalar hayata geçirilmektedir.

Ağrı, Ardahan, Iğdır ve Kars illerinden oluşan TRA2 Bölgesi'nde hayvansal gübrelerin, vahşi depolamaya konu olan kentsel atıkların ve insan sağlığı ve çevre için büyük bir risk barındıran peynir altı suyunun enerji kaynağına dönüştürülmesi önem arz etmektedir. Bu doğrultuda Bölgenin potansiyelini ortaya koyan bütüncül çalışmalar ile bu çalışmaların ışığında hayata geçecek olan yatırımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Söz konusu çalışma ile biyokütle enerji atlasının oluşturulması için öncelikle bölgedeki enerji kaynaklarının mevcut durumu ve bu kaynaklardan elde edilebilecek enerji potansiyeli belirlenmiştir. Ortaya çıkan bulgular doğrultusunda TRA2 Bölgesi'ndeki il ve ilçelere göre enerji potansiyelini gösteren haritalar ortaya çıkarılmıştır. Buna göre en fazla biyokütle enerjisine sahip olan il ve ilçeler; büyükbaş hayvan kaynaklı atık miktarına göre Kars ili Merkez ilçesi; küçükbaş hayvan kaynaklı atık miktarına göre Iğdır ili Merkez ilçesidir. Binek hayvan kaynaklı atık miktarına göre Kars ili Merkez, Selim, Arpaçay ilçeleri; kümes hayvanları kaynaklı atık miktarına göre ise Kars ili Merkez, Kağızman ve Arpaçay ilçeleridir. Toplam ekili alanlardaki ortalama kuru biyokütle miktarına göre en fazla enerji üretiminin Kars ili Sarıkamış ilçesinde; nadas alanlarında kullanıma açıldığı takdirde Ağrı ili Merkez ilçesinde; yem bitkileri üretilen alanlardan ortaya çıkan kuru atık miktarına göre ise en fazla enerji üretiminin Kars ili Merkez ilçesinde gerçekleştirilebileceği sonucu çıkarılmıştır. Kentsel atıkların miktarına sayısal olarak belediyelerden ulaşılamadığı için Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA) verileri kullanılarak biyometanizasyon ve yakılmaya uygun belediye atıkları sayısallaştırılmış ve kentsel atıklardan en fazla enerji üretiminin Ağrı ilinin Diyadin ilçesinde gerçekleşebileceği belirlenmiştir. Söz konusu çalışmada ortaya çıkan bulgular doğrultusunda, biyokütle enerjisine dayalı bir enerji santralinin çevresel sürdürülebilirliğe ve kırsal kalkınmaya katkı sunması beklenmektedir.

Serhat Kalkınma Ajansı
Genel Sekreterliği



İÇİNDEKİLER

1. Biyokütle Enerjisi ve Ortaya Çıkışı	11
2. Biyokütle Enerji Kaynakları	13
3. Biyokütle Enerjisinin Önemi, Avantajları ve Dezavantajları.....	14
4. Araştırmanın Amacı ve Yöntemi	16
5. Dünyada Enerji	18
6. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi ve İyi Uygulama Örnekleri	21
7. TRA2 Bölgesi Biyokütle Enerji Potansiyeli	25
8. TRA2 Bölgesi Biyokütle Enerji Atlası	30
SONUÇ.....	67
KAYNAKÇA.....	69

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Türkiye’de Lisanslı Biyokütle Kurulu Gücünün (MW) Yıllara Göre Dağılışı.....	23
Şekil 2. Türkiye’de 2019 Yılı Biyokütle Kurulu Güç Dağılımı (%).....	23
Şekil 3. TRA2 Bölgesi’nin Coğrafi Konumu.....	27
Şekil 4. TRA2 Bölgesi’nde Besihanelerin, Tarım ve Orman Arazilerinin Dağılışı	28
Şekil 5. TRA2 Bölgesi’nde Büyükbaş Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)	31
Şekil 6. TRA2 Bölgesi’ndeki İllere ve İlçelere Göre Büyükbaş Hayvan Sayısı.....	34
Şekil 7. TRA2 Bölgesi’nde Büyükbaş Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarları (Ton).....	35
Şekil 8. TRA2 Bölgesi’nde Büyükbaş Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)	36
Şekil 9. TRA2 Bölgesi’nde Küçükbaş Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)	37
Şekil 10. TRA2 Bölgesi’nin İllerine ve İlçelerine Göre Küçükbaş Hayvan Sayısı (Adet).....	40
Şekil 11. TRA2 Bölgesi’nde Küçükbaş Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarları (Ton).....	41
Şekil 12. TRA2 Bölgesi’nde Küçükbaş Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)	42
Şekil 13. TRA2 Bölgesi’nin İllerine ve İlçelerine Göre Binek Hayvan Sayısı (Adet).....	43
Şekil 14. TRA2 Bölgesi’nde Binek Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarları (Ton)	44
Şekil 15. TRA2 Bölgesi’nde Binek Hayvanlarından Elde Edilen Enerji Eşdeğerlerinin İllere Göre Dağılışı	45
Şekil 16. TRA2 Bölgesi’nde Kümes Hayvanlarından Elde Edilen Enerji Eşdeğerlerinin İllere Göre Dağılışı	46
Şekil 17. TRA2 Bölgesi’nde Binek Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)	47

Şekil 18. TRA2 Bölgesi'nde İllere ve İlçelere Göre Kümes Hayvanlarının Sayısı (Adet)	48
Şekil 19. TRA2 Bölgesi'nde Kümes Hayvanlarından Elde Edilen Atık Miktarları (Ton)	49
Şekil 20. TRA2 Bölgesi'nde Kümes Hayvanlarından Elde Edilen Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)	50
Şekil 21. TRA2 Bölgesi'nde Toplam Ekili Alanlardan Çıkan Ortalama Kuru Biyokütle Miktarları (Ton)	53
Şekil 22. TRA2 Bölgesi'nde Nadas Alanlarındaki Potansiyel Ortalama Kuru Biyokütle Miktarları (Ton)	54
Şekil 23. TRA2 Bölgesi'nde Yem Bitkileri Üretilen Alanlarda Ortalama Kuru Biyokütle Miktarları (Ton)	55
Şekil 24. TRA2 Bölgesi'nde Toplam Ekili Alanlardan Çıkan Ortalama Kuru Biyokütle Miktarlarının Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)	56
Şekil 25. TRA2 Bölgesi'nde Nadas Alanlarındaki Potansiyel Ortalama Kuru Biyokütle Miktarlarının Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)	57
Şekil 26. TRA2 Bölgesi'nde Yem Bitkileri Üretilen Alanlardan Çıkan Ortalama Kuru Biyokütle Miktarlarının Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)	58
Şekil 27. TRA2 Bölgesi'nde Biyometanizasyon ve Yakmaya Uygun Belediye Atıklarının Enerji Eşdeğerlerinin İllere Göre Dağılışı	59
Şekil 28. TRA2 Bölgesi'nde Biyometanizasyon ve Yakmaya Uygun Belediye Atıklarının Dağılışı (Ton/yıl)	60
Şekil 29. TRA2 Bölgesi'nde Biyometanizasyon ve Yakmaya Uygun Belediye Atıklarının Enerji Eşdeğerleri (TEP)	61
Şekil 30. TRA2 Bölgesi'nde Hayvansal Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl) En Fazla Olan Hayvanlar	62
Şekil 31. TRA2 Bölgesi'nde Bitkisel Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl) En Fazla Olan Bitkiler	63

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Biyokütle Kaynakları, Çevrim Yöntemleri, Elde Edilen Yakıtlar, Uygulama Alanları	12
Tablo 2. Çeşitli Tarım Ürünlerine Göre Etanol Verim Değerleri	13
Tablo 3. Türkiye’deki Yaş Gübre Miktarına Göre Potansiyel Enerji Miktarı	24
Tablo 4. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi İçin Kullanılabilecek Diğer Atıklar ve Enerji Potansiyelleri	24
Tablo 5. İllere Göre Büyükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri	31
Tablo 6. Ağrı İlinin İlçelerine Göre Büyükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri	32
Tablo 7. Kars İlinin İlçelerine Göre Büyükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri	32
Tablo 8. Ardahan İlinin İlçelerine Göre Büyükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri	33
Tablo 9. Iğdır İlinin İlçelerine Göre Büyükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri	33
Tablo 10. İllere Göre Küçükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri	37
Tablo 11. Ağrı İlinin İlçelerine Göre Küçükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri	38
Tablo 12. Kars İlinin İlçelerine Göre Küçükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri	38
Tablo 13. Ardahan İlinin İlçelerine Göre Küçükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri	39
Tablo 14. Iğdır İlinin İlçelerine Göre Küçükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri	39
Tablo 15. İllere Göre Binek Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri	45
Tablo 16. İllere Göre Kümes Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri	46
Tablo 17. TRA2 Bölgesi’nde İllere Göre Bitkisel Üretim Alanları	51
Tablo 18. TRA2 Bölgesinin İllere Göre Ortalama Kuru Biyokütle Miktarları	51
Tablo 19. TRA2 Bölgesinin İllere Göre Ortalama Kuru Biyokütle Miktarlarının Enerji Eşdeğerleri	52
Tablo 20. TRA2 Bölgesi’nde Biyometanizasyon ve Yakmaya Uygun Belediye Atıklarının Miktarı, Atıkların Enerji Eşdeğerleri	59
Tablo 21. TRA2 Bölgesi’nin yıllık Elektrik Tüketimi MWh, 2020	65
Tablo 22. TRA2 Bölgesinin Kişi Başına Toplam Elektrik Tüketimi kWh, 2020	66

KISALTMALAR

- DPT:** Devlet Planlama Teşkilatı
kcal: Kilokalori
kWh: Kilowatt saat
GW: Gigawatt
GWh: Gigawatt saat
IEA: Uluslararası Enerji Ajansı
MTA: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
mtoe: Milyon ton petrol
MW: Megawatt
MWh: Megawatt saat
PwC: Pricewaterhouse Coopers-Şirket
TEP: Ton eşdeğer petrol
TWh: Terawatt saat
TJ: Terajoule
USD: Amerikan doları
WBA: Dünya Biyoenerji Birliği

1. Biyokütle Enerjisi ve Ortaya Çıkışı

Biyokütle, yaşayan ya da yakın zamanda yaşamış olan canlı organizmalardan elde edilmiş, biyolojik kökenli fosil olmayan organik maddelerdir. Biyokütle, yeryüzünde yaşayan her türlü biyolojik kökenli organizmaların (bitkiler, ağaçlar, tohumlar vb.) güneş enerjisi yardımıyla gerçekleştirdikleri fotosentez sonucu bünyelerinde depoladıkları organik maddelerin fiziksel ya da kimyasal dönüştürme yöntemiyle üretilen biyoyakıtlardan elde edilen ve ısınma, elektrik ya da sıvı yakıtlar gibi ihtiyaçların karşılanması amacıyla kullanılan bir enerji türüdür (Aslantaş, 2008).

Biyolojik kökenli kaynaklar, insanlığın ilk dönemlerinden bugüne kadar enerji üretimi amacıyla kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının başında gelmektedir. Bu kaynakların en önemlisi, orman ekosistemi içerisinde yer alan odunsu materyallerdir (Karayılmaz vd., 2011).

Biyokütle enerjisi insanlığın her anında onunla birlikte yaşamın gelişmesine ön ayak olmuştur. Biyokütle enerjisinin, köylerin ve şehirlerin kurulmasında, tarım arazilerinin oluşmasında, yerleşik hayata geçilmesinde, oldukça belirleyici bir etkisi olmuştur. Fosil yakıtlar bugün ülkeler için ne anlam ifade ediyorsa biyokütle de eski dönemlerde aynı anlam ifade etmekteydi. Örneğin, odun kömürü, demiri eritmek için kullanılmıştır. Biyokütlenin geçmişi, yaklaşık 2.500 yıl öncesine ve Orta Afrika'ya dayanmaktadır. Sanayileşmeye yönelik faaliyetlerin başlaması da biyokütle enerjisi ile olmuştur. Yaklaşık 500.000 yıldır ısıtma, pişirme, demir işleme gibi her türlü faaliyette, biyokütle kaynakları kullanılmıştır. Geçtiğimiz yüzyılda bu yerini fosil yakıtlara bırakmıştır (Aslantaş, 2018).

Dünya üzerinde var olan ve fotosentez yoluyla üretilen tüm organik maddeleri tanımlamak için kullanılan biyokütle, bir enerji kaynağıdır. Biyokütle hammaddeden bir takım işlemlerden geçerek katı, sıvı ve gaz yakıtlar oluşturmaktadır. Doğrudan yakma, piroliz, gazlaştırma, havasız ortamda (anaerobik) çürüme gibi işlemler sonucu; biyogaz, etanol, hidrojen, metan, metanol ve motorin gibi yakıtlar elde edilmektedir (Uras, 2021).

Biyokütle, güneş enerjisini depolama görevini üstlenen bir tür doğal pil gibidir. Bitkilerin fotosentez sırasında havadan karbonhidrat olarak selüloz, hemiselüloz, lignin ve karbonhidrat dönüştürmesi esnasında kullanılan güneş enerjisinin depolanmış halidir. Bu karbonhidratlar yakıldıklarında suya ve karbonhidrata dönüşerek güneş enerjisini tekrar serbest bırakırlar (Aslantaş, 2018).

Biyokütlenin en basit formu yemek pişirmek, sıcak su temin etmek ve evlerimizi ısıtmak için kullandığımız ateşlerdir. Biyokütle enerjisi klasik ve modern anlamda iki grupta ele alınabilmektedir. Birincisi konvansiyonel, ormanlardan elde edilen yakacak odun ve yine yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvansal (tezek) atıklardan oluşmaktadır. İkincisi modern, enerji ormancılığı ve orman-ağaç endüstrisi atıkları, tarım kesimindeki bitkisel atıklar, kentsel atıklar, tarıma dayalı endüstri atıkları olarak sıralanmaktadır.

Biyokütle enerjisi elektrik, ısıtma ve ulaşım için kullanılmaktadır. Elektrik üretimi için genellikle katı ve gaz hali kullanılmaktadır. Büyük ölçekli tesislerde katı kaynak doğrudan yakılıp ortaya çıkan ısı, buhar türbinlerinden geçerek elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Pişirme amaçlı kullanımı genellikle gelişmekte olan ülkeler gerçekleştirmektedir. Dizele ve etanole çevrilen kaynaklar ise ulaşım için kullanılmaktadır (PwC, 2021).

Tablo 1. Biyokütle Kaynakları, Çevrim Yöntemleri, Elde Edilen Yakıtlar, Uygulama Alanları

Biyokütle	Çevrim Yöntemi	Yakıtlar	Uygulama Alanları
Hayvansal Atıklar	Fermentasyon, havasız çürütme	Metan	Ulaşım araçları, ısınma
Bitkisel ve Hayvansal Yağlar	Esterleşme Reaksiyon	Motorin	Ulaşım araçları, ısınma, seracılık
Tarım Artıkları	Piroliz	Etanol	Isınma, ulaşım araçları
Orman Artıkları	Havasız Çürüme	Biyogaz	Elektrik Üretimi, ısınma
Enerji Bitkileri	Doğrudan Yakma	Hidrojen	Isınma
Enerji Ormanlar	Biyofotoliz	Motorin	Ürün Kurutma
Çöpler (Organik)	Gazlaştırma	Metanol	Uçaklar
Algler	Hidroliz		Sentetik Yağ Roketler

Kaynak: Karayılmazlar vd., 2011.

Biyokütle kaynaklarından elde edilen gaz yakıtlar, biyohidrojen, biyogaz; katı yakıtlar, odun kömürü- biyokömür ile biyopelet- biyobriketten; sıvı yakıtlar ise biyoetanol, biyodizel, biyometanol, biyodimetiler, biyoetilsiyerbutiler ve bitkisel yağlardan oluşmaktadır (Çokadar ve Yıldırım, 2008).

Biyoeetanol; nişasta ve şeker kökenli tarımsal ürünlerden üretilen oktan sayısı fazla olan biyoyakıtlardan olup nişastanın şekere dönüşümünden sonra uygulanan fermentasyon işlemi ile ortaya çıkmaktadır. Biyoeetanol üretiminde şeker pancarı, şeker kamışı, buğday, tatlı sorgum, mısır, patates, selüloz içerikli belediye atıkları ve tarımsal atıklar kullanılmaktadır. En ekonomik üretim şekerpancarı, şeker kamışı, mısır ve buğdaydan yapılmaktadır. Biyoeetanol sektöründe mevcut durumda üç tane üretim tesisi bulunmaktadır. Türkiye’de kurulu biyoeetanol üretim kapasitesi 149,5 milyon litredir. Bunun %56’lık kısmı 84 milyon litre ile Konya Şeker Tic. ve San. A.Ş.’ye aittir. Burada hammadde olarak şeker posası ve pancarı kullanılmaktadır. Diğer iki tesis ise Bursa ve Adana’da kurulu olup mısır ve buğdaydan üretim yapılmaktadır. Biyoeetanol kapasitesi benzin tüketimimizin yaklaşık %7’sini karşılamaktadır. Pazarda yer alan biyoeetanol, benzin tüketimimizin %1’inin çok altındadır (Çokadar ve Yıldırım, 2008).

Tablo 2. Çeşitli Tarım Ürünlerine Göre Etanol Verim Değerleri

Ürün	Ürün Verimi (ton/hektar)	Ürün Etanol Verimi (litre/ton)	Etanol Üretimi (litre/hektar)
Şeker Kamışı	50-100	60-80	3500-7000
Şeker Pancarı	40-50	90-100	3800-4800
Mısır	4-8	360-400	1500-3000
Sorgum	4-15	330-370	1480-6300
Buğday	2-9	370-420	740-3800

Kaynak: Ar, “Şeker sanayi ve Biyoetanol Üretimi”, Uluslararası Yakıt Sempozyumu”, 2006.

Biyodizel, kolza (kanola), pamuk, soya, ayçiçeği, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen veya hayvansal yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda ortaya çıkan ve dizel motorlarda yakıt olarak kullanılan alternatif bir kaynaktır.

Biyogaz üretimi için sığır, manda, at domuz, koyun, keçi, kümes hayvanları gibi hayvanların gübreleri kullanılmaktadır. Aynı zamanda kentsel katı atıkların organik kısmı, tarımsal atıklar (buğday ve arpa samanı, mısır silajı, pancar küspesi gibi), bazı tarımsal bitkiler, bitkilerden ya da tarımsal ürünlerden elde edilen atık sular, atık su çamurları da kullanılmaktadır. Hayvanların merada ve ahırda olması gübre varlığını etkilemektedir. Ortalama 1 ton sığır gübresinden yaklaşık 33 m³, 1 ton koyun gübresinden 58 m³ ve 1 ton kümes hayvanları gübresinden 78 m³ biyogaz üretilmektedir. Sığır gübresinin biyogaz verimi yaklaşık 90-130 litre/kg'dır. Sığır gübresinden oluşan metan gazı oranı ise hacimsel olarak %65'tir. Sığır gübresi C/N oranı 21 olup gaz üretimi için oldukça idealdir (Şenol vd., 2017).

Türkiye’de başarılı biyogaz uygulamalarına sahip atık su tesisleri bulunmaktadır. Bunlara en güzel örnek, Ankara Su ve Kanalizasyon Dairesi Genel Müdürlüğü Atıksu Arıtma Tesisidir (Çokadar ve Yıldırım, 2008).

2. Biyokütle Enerji Kaynakları

- Biyokütle enerjisi, geleneksel orman ürünlerinden tarımsal ürünlere hatta evsel atıklara kadar geniş bir yelpazeden oluşmaktadır. Biyokütle enerjisini oluşturan kaynaklar;
- Bitkisel Biyokütle Kaynakları;
- Yağlı tohumlu bitkiler (kanola, ayçiçek, kolza, aspir, pamuk, soya vb.)
- Şeker ve nişasta bitkileri (patates, arpa, çavdar, buğday, mısır, şeker pancarı, tatlı sorgum vb.)

- Elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, miscanthus vb.)
- Protein bitkileri (bezelye, fasulye vb.)
- Bitkisel ve tarımsal artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk vb.)
- Orman ve Orman Ürünlerinden Elde Edilen Biyokütle Kaynakları;
- Odun ve orman atıkları (enerji ormanları ve enerji bitkileri, çeşitli ağaçlar)
- Hayvansal Biyokütle Kaynakları;
- Sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar
- Organik Çöpler, Şehir ve Endüstriyel Atıklardan Elde Edilen Biyokütle Kaynakları;
- Kanalizasyon ve dip çamurları, kâğıt sanayi ve gıda sanayi atıkları, endüstriyel ve evsel atık sular, belediye ve büyük sanayi tesisleri atıkları (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021).
- Biyokütle enerjisi tükenmez bir kaynak olması ve her yerden elde edilebilmesi nedeniyle özellikle kırsal alanların ekonomik gelişimi için uygun ve önemli bir enerji kaynağıdır (Yeşil, 2015).
- Biyokütle kaynakları genellikle homojen olmayan bir yapıda, yüksek su ve oksijen içerikli, düşük yoğunluklu ve düşük ısı değerli olup bu özellikler yakıt kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuz durum fiziksel süreçler ve dönüşüm süreçleriyle çözülebilmektedir. Bu fiziksel süreçler; boyut küçültme, kırma ve öğütme, kurutma, filtrasyon, ekstraksiyon ve biriktirme gibi süreçlerdir. Dönüşüm süreçleri ise biyokimyasal ve termokimyasal süreçlerden oluşmaktadır (Kaplukan, 2014).

3. Biyokütle Enerjisinin Önemi, Avantajları ve Dezavantajları

Petrol, kömür, doğalgaz gibi enerji kaynaklarının kısıtlı olması ve çevre kirliliği oluşturması, biyokütle enerji kullanımını giderek daha önemli hale getirmiştir. Biyokütle enerjisi, sera gazı emisyonlarını azaltmakta ve iklim değişikliğinin yol açtığı sorunların önüne geçmektedir. Yine toprak koruma, su, enerji ve besin üretimini güvence altına almakta ve peyzaj değeri oluşturmaktadır. Sürekli iş olanakları oluşturması, devlete ekonomik açıdan avantajlar sağlamakta ve kırsal ekonomilere sunduğu katkılar, kırsal kalkınmaya katkıda bulunmaktadır.

Bunlara ek olarak biyokütle enerjisi, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla potansiyele ve depolanabilir özelliğe sahiptir. Orman ağaç artıklarının çıkarılması ile yangın riski azaltılırken, aynı zamanda toprak yüzeyine ulaşan tohumların çimlenerek doğal

gençleştirme başarısı da artırılabilir. Biyokütle enerjisi, hemen hemen her yerde yetiştirilebilir. Enerji üretimi için üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bilinmesi gerekirken, 5-35 °C arasındaki sıcaklıklar yeterli görülmektedir (Kaplukan, 2014).

Tüm bunlara ek olarak;

- Biyokütle enerjisi, kaynak çeşitliliği ve üretim çeşitliliği zengin olan, güvenli, çevre dostu ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.
- Biyokütle, yakıt olarak kullanıldığında havaya saldığı miktarda karbonu emdiği için atmosferdeki karbondioksit oranını yükseltmemektedir.
- Biyokütle, fosil yakıtlar için kullanılan mevcut teknolojilerde ya da elektrik üreten santrallerde kullanılabilir.
- Biyokütle enerjisi üretimi; açık maden ocakları, asit yağmurları, radyoaktif atıklar, petrol sızıntıları ve su kaynaklarının kirlenmesi gibi çevre sorunlarına yol açmamaktadır.
- Biyokütle enerji üretimi için kullanılan yeşil bitkiler havada bulunan karbondioksit oranını düşürmekte ve bu nedenle karbon seviyesini artırmamaktadır.
- Biyogaz üretiminde kullanılan hayvansal ve bitkisel atıklardan ortaya çıkan diğer atıklar toprağın verimini arttırmak amacıyla gübre olarak değerlendirilebilir.
- Enerji üretiminde çöplerin kullanılması, çöp depolama alanlarının artmasını önlemektedir.
- Üretilen yakıtlar ve alkoller oldukça verimli ve çoğunlukla temiz yakıtlar olup sürdürülebilir enerji kaynaklarıdır.
- Biyokütle enerjisi, kolaylıkla kullanılabilir ve dünyanın her yerinde rahatlıkla erişilebilir enerji kaynağını teşkil etmektedir.
- Bu enerji türü, enerji tarımının gelişmesini sağlamak ve sanayinin gelişmesine katkıda bulunmaktadır.
- Biyokütle enerjisi üretim süreci, yerel halk için iş olanağı oluşturmaktadır.
- Biyokütle kaynaklarından enerji üretimi, enerji tüketiminde dışa bağımlılığı önlemektedir.

Enerji güvenliği, yükselen petrol fiyatları ve iklim değişikliği endişeleri biyokütle enerjisine olan talebi arttırmıştır. Biyokütle enerjisinin faydaları olduğu gibi doğru teknolojiler ve doğru politikalarla yönetilmemesi halinde zararları da görülmektedir. Bahsi geçen zararlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır:

- Biyokütle enerjisi için gerekli olan bitkilerin yetiştirilmesi için geniş arazilere

ve fazla sulama suyuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumun arazilerin yanlış kullanılmasına ve kuraklığa neden olma ihtimali mevcuttur.

- Küresel tarımın dünya nüfusunun artan gıda talebini karşılamada yetersiz kalacağı endişesi, verimli toprak ya da sulama suyu gibi kaynakların biyokütle enerjisi için kullanılmasına engel teşkil edebilecektir.
- Ormanların biyokütle enerjisi için tahrip edilmesi, bu ormanlarda yaşayan canlıların yaşam alanlarını ve beslenme alanlarını kısıtlayabilecek nitelikte tehlike oluşturmaktadır.
- Biyoyakıt, bitkilerinin üretiminde kullanılan azotlu gübre, sera gazı salınımını artırmakta, bu durum toprağın yapısının bozulmasına ve su kaynaklarının kirlenmesine neden olabilmektedir.
- Belirli oranda karbon içeren biyokütle kaynakları tamamen temiz bir enerji kaynağı değildir ancak diğer fosil yakıtlara göre daha az oranda karbondioksit salınımına neden olmaktadır. Dolayısıyla, bu kaynakların yanlış ve aşırı kullanımı, hava ve toprak kirliliğine neden olabilmektedir.
- Üretim ve verimi arttırmak için kullanılan teknolojilerin maliyeti oldukça yüksektir. Biyokütle kaynaklarının biyokütle enerji tesislerine taşınması özellikle kırsal alandaki çiftçiler için yüksek maliyet oluşturmaktadır.

4. Araştırmanın Amacı ve Yöntemi

Günümüzün en önemli sorunlarından birisi enerji ihtiyacının karşılanması ve enerjilerin çevreye yaptığı olumsuz etkilerdir. Tarımsal ve kentsel atıkların ve diğer kaynakların etkin bir şekilde kullanılması için biyokütle enerjisi önemli bir araçtır. Biyokütle enerjisi, geri dönüşüm ile doğanın korunmasına ve sürdürülebilir olmasına destek olduğu gibi, güneş enerjisini depolayan bir pil görevi üstlenmesi, az miktarda kaynakla yüksek enerji üretilmesi ve ihtiyaca yönelik enerjinin karşılanması noktasında önemli görülmektedir.

TRA2 Bölgesi, biyokütle potansiyeli yüksek bir bölgedir. Bölge illerinde geniş mera alanlarının varlığı, hayvancılığın gelişmesine sebep olduğu gibi biyogaz üretimi için de önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Küçükbaş ve büyükbaş hayvancılık ile kümes hayvancılığından ortaya çıkan atıklardan, tarımsal atıklardan, katı atık ve evsel atık su çamurlarından elde edilecek biyokütle enerjisi potansiyelini belirlemek, bölgenin özellikle kırsal ekonomisine katkı sağlayacağı için önemlidir. Bu çalışmanın amaçları;

- Bölge ekonomisine katkı sağlamak,
- Bölgenin enerji ihtiyacını karşılamak,
- Bölgedeki atıkların geri dönüşümünü sağlayarak çevreyi korumak ve sürdürülebilir enerji kaynağı oluşturmak,

- Sera gazını azaltarak çevrenin korunmasına katkı sağlamaktır.

Bu araştırma raporu ile bölgenin biyokütle enerji potansiyelinin tespit edilmesi ve bu doğrultuda yatırımcıların yönlendirilmesi hedeflenmiştir.

Bölgedeki biyokütle enerji atlasının oluşturulması için öncelikle bölgedeki enerji kaynaklarının mevcut durumu ve bu kaynaklardan elde edilebilecek enerji potansiyeli belirlenmiştir. Enerji kaynaklarının illere göre dağılımlarında üretilen enerjinin tüketilen enerjiye oranı hesaplanmış ve buna göre santrallerin kurulabileceği potansiyel alanlar belirlenmiştir. Ortaya çıkan bulgular doğrultusunda TRA2 Bölgesi'ndeki il ve ilçelere göre enerji potansiyelini gösteren haritalar ortaya çıkarılmıştır.

Bölgedeki tarım bitkilerinin atıklarından ne kadar biyokütle enerji elde edilebileceğini bulabilmek için literatürde yer alan en uygun hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Bu literatüre göre, ortalama verime sahip bir hektarlık alanda yılda 80-100 ton yaş ve 25-30 ton kuru biyokütle elde edilmektedir. Kuru biyokütlenin ısı değeri 3.800-4.300 kcal kg-1 arasında değişmektedir. Tarımsal biyokütlenin enerji eşdeğerinin belirlenmesinde, 1 kcal= 1.10⁻⁷ TEP (ton eşdeğer petrol) ve 1 TEP= 11.63 MW denkliklerinden yararlanılmıştır.

- OKBM: Ortalama kuru biyokütle miktarı, ton
- OBID: Ortalama kuru biyokütle ısı değeri, kcal kg-1
- OBED: Ortalama kuru biyokütle enerji değeri, TEP
- A: Alan, ha

Buna göre, hesaplamalarda izlenen yol;

$$OKBM = \left(\frac{25+30}{2} \right) * A$$

$$OBID = OKBM * \left(\frac{3800+4300}{2} \right)$$

$$OBED = OBID * 1.10^{-7} \text{ şeklindedir (Kuş vd., 2016).}$$

Hayvancılıktan elde edilen gübre miktarlarına göre ortaya çıkabilecek biyokütle enerjisini belirlemek için literatürlerde yer alan belli kabuller mevcuttur. Bu kabuller şunlardır;

- Büyükbaş hayvan canlı ağırlığının %5-6'sı yaş gübre/gün
- Koyun-keçi canlı ağırlığının %4-5'i yaş gübre/gün
- Tavuk canlı ağırlığının %3-4'ü yaş gübre/gündür.

Diğer bir yaklaşımla;

- 1 adet büyükbaş hayvan 3,6-5,4 ton/yıl yaş gübre
- 1 adet küçükbaş hayvan 0,7 ton/yıl yaş gübre
- 1 adet kümes hayvanı 0,022 ton/yıl yaş gübredir.

Bu değerlerden yola çıkararak;

- 1 ton sığır gübresinden 33 m³/yıl biyogaz
- 1 ton kümes hayvanı gübresinden 78 m³/yıl biyogaz
- 1 ton koyun gübresinden 58 m³/yıl biyogaz üretilmektedir.

Bu kabullerin kullanımı doğrultusunda sonuca ulaşılabilmektedir ancak bu çalışmada T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na bağlı BEPA(Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası)'nın istatistiki verilerinden yararlanılmıştır.

5. Dünyada Enerji

Dünyada özellikle sanayileşmiş ülkelerin enerji ihtiyaçlarının önemli bir kısmını fosil kaynaklardan karşılıyor olması önemli bir sorunu teşkil etmektedir. Bu yakıtların belli bölgelerde toplanmış olması, yükselen petrol fiyatları, elektrik ve doğal gaz fiyatlarındaki sürekli artışlar, enerji maliyetleri, ekonomik eşsizliği oluşturduğu gibi belli ülkelerin kontrolü altında bir dağıtıma neden olmaktadır. Fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olması, tketiciminin veya nüfusun artması halinde miktarın azalacağını ve bazı ülkelere enerjinin ulaştırılmasında sorunlar yaşanacağını da göstermektedir. Bu nedenle alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Aynı zamanda fosil yakıtların çevreye verdiği zarar da göz ardı edilemeyecek ölçüdedir. Küresel iklim değişikliğine etki eden durumlardan biri, fosil yakıtların yakılması ile atmosfere salınan karbondioksit ve karbon monoksittir. Bu alternatif enerji kaynaklarının yenilenebilir ve çevrenin sürdürülebilirliğini sağlayan enerji kaynakları olması, dünyadaki enerji ihtiyacının karşılanması noktasında önemli görülmektedir.

Dünyada küçük ölçekli ve geleneksel yöntemlerle üretim yapan biyokütle enerji tesislerinin modern biyokütle enerji tesislerine dönüşmesi süreci, biyokütle kaynaklarının yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahip olmasına neden olmuştur. Modern teknolojinin artması, biyokütle enerji santrallerinin sayılarını da yıldan yıla artırmıştır. Biyokütle enerji santralleri; biyoetanol, biyodizel, biyomas, biyogaz gibi farklı organik kaynaklarla üretim yapan tesislerden oluşmaktadır. Dünya genelinde Asya ve Afrika kıtası, en yüksek biyokütle enerjisi arzına sahip kıtalardır.

Biyoyakıtların desteklenmesi Avrupa Parlemantosunu ve Avrupa Konseyi tarafından Direktif 2003/30/CE ile onanmıştır. Bu direktif ile ilk kez bütün Avrupa Birliği (AB) yelerine yenilenebilir yakıtların kullanımı konusunda zorunluluk getirilmiştir. Buna göre ulaşımda kullanılan yakıtların en az %2'si biyoyakıt olmalıdır. 2010 yılında bu miktar %5,75'e yükseltilmiştir. AB'de biyoyakıtların teşvik edilmesi için birçok çalışma yapılmıştır (Gizlenci ve Acar, 2008).

Dünyada en çok üretilen sıvı biyoyakıt, biyoetanoldr. Biyoetanolün motor yakıtı olarak kullanımı tarihi, içten yanmalı motorların tarihi kadar eskidir. 2010 yılında, 101,4 milyar litre biyoetanol, 21 milyar litre biyodizel üretilmiştir. 2011'de 22,1 milyar litre biyodizel

üretimiştir. 2012 yılında en fazla biyoetanol üreten ülkeler; ABD, Brezilya, Çin, Avrupa Ülkeleri ve Fransa'dır. Brezilya, 1930'lu yıllardan beri otomobil yakıtı olarak biyoetanolu kullanmaktadır. Brezilya biyokütlenin geniş çapta özellikle taşıtlarda kullanılması yönünden dünyada en iyi ilk örneklerden biridir. Hindistan'da biyoetanol üretimi şeker kamışından yapılmaktadır (Kaplukan, 2014).

Dünya Biyoenerji Birliği'nin (WBA) 2017 yılı "Küresel Biyoenerji İstatistikleri" raporuna göre dünya genelinde kullanılmakta olan toplam enerjinin yaklaşık %81'ini fosil yakıtlar oluşturmaktadır. Bu yakıtlar içerisinde petrol ilk sırada yer alırken, bu sırayı kömür ve doğal gaz takip etmektedir.

Dünyanın 2018 yılındaki toplam enerji arzı 14.314 milyon TEP'dir. Kaynaklar bakımından dağılımına bakıldığında; ilk sırayı 4.501 milyon TEP ve toplam arzın %31'i ile petrol oluşturmaktadır. Sırasıyla; 3.821 milyon TEP ve %27 pay ile kömür, 3.273 milyon TEP ve %23 pay ile doğal gaz gelmektedir. 2000-2018 yılları arasında birincil enerji arzında artış görülmüştür. Bu zaman aralığında yenilenebilir enerji kaynakları %6,6 oranından %9,7'ye yükselmiştir (IEA, 2019). Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından hazırlanan Dünya Enerji Görünümü 2019 Raporu'ndaki "Belirlenen Politikalar Senaryosu"nda yapılan tahminlere göre 2040 yılında önemli değişiklikler olmayacağı, fosil yakıt oranının %74 civarında olacağı yönünde tahmin yürütülmüştür. Aynı raporda, küresel sıcaklıkların 2 °C altında tutulması neticesinde Paris Anlaşması ile uyumlu" Sürdürülebilir Kalkınma Senaryosu'na göre, 2040 yılında fosil yakıtların oranı %58 olacaktır. Ancak bu senaryoların hiçbiri Covid-19 pandemi sürecini öngörmemiştir. Birincil enerji tüketimi 2020 yılında %4,5 oranında düşmüştür. Bu, 1945 yılından beri gerçekleşen en büyük düşüş olmuştur. Net düşüşün önemli bir kısmı petrolden gerçekleşmiştir. Ulaşım maksatlı biyoyakıt üretimi ise %8 oranında düşmüştür. 2021 yılının ilk çeyreğinde enerji talebine ilişkin istatistiksel veriler, salgının küresel olarak devam eden etkilerini göstermiştir. Rüzgâr, güneş ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynakları genel olarak enerji talebindeki düşüşe rağmen büyümüştür. Kapasite ilaveleri %45 artarak neredeyse 280 GW'ye ulaşmıştır. Kullanımı azalan enerjilerin karbon emisyonlarını azaltmış olması, yenilenebilir enerji kaynaklarının amacına uygun bir durum oluşturmuştur. İkinci Dünya Savaşı'nın sona ermesinden bu yana karbon emisyonlarında görülen en büyük düşüş gerçekleşmiştir (Yılmaz, 2018, World Energy Council, 2021).

Nükleer ve yenilenebilir enerjinin toplamının dünyadaki kömür santrallerindeki elektrik üretimini geçeceği tahmin edilmektedir. Aynı zamanda temelde ABD'deki temiz yakıt standartları ve politika desteğiyle küresel Hidrojenize Bitkisel Yağ (HVO) üretiminin 2022 yılı içinde iki katına çıkması, atık ve artık maddelerden biyoyakıt üretiminin kapasitesinin önemli ölçüde artması beklenmektedir (World Energy Council, 2021).

2018 yılında fosil yakıt oranı %81, yenilebilir enerji kaynaklarının oranı ise % 9,7'dir. Biyoenerjinin bu yenilebilir enerji kaynakları içerisindeki payı ise % 52'dir (IEA, 2019) Dünyada yenilenebilir enerji kaynaklarının 2035 yılında payının %17 olacağı, aynı zamanda elektrik üretimindeki artışın neredeyse yarısının (%30 ve üzeri) yenilenebilir enerji kaynak-

larından sağlanacağı tahmin edilmektedir (Aslantaş, 2018). ABD, Kanada ve Rusya'nın en büyük biyokütle ihracatçıları olması, ABD ve Brezilya'nın biyolojik yakıt üretiminde ilk sırada yer alması beklenmektedir.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın verilerine göre, biyokütle kaynaklarının en yaygın kullanılan formu biyogaz olup, ısıtma, elektrik enerjisi üretimi ve motorlu araçlarda yakıt olarak kullanım alanları bulunmaktadır.

2019 yılında biyoenerji; 9,7 milyar USD büyüklüğünde kapasite yatırımı ile yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde en fazla yatırım kaynaklarından biri olmuştur. İngiltere ve Çin'de atık yakma tesislerine yatırımlar artmıştır. Bu yatırımlarda son yıllarda bir düşüş söz konusu olsa da yatırımların gelecek yıllarda daha çok artması beklenmektedir. Biyoyakıt yatırımlarında bir önceki yıla göre %9,1 oranında bir düşüş gerçekleşmiştir (PwC, 2021).

2011 ve 2019 yılları arasında biyokütle ile elektrik üreten ülkeler arasında büyüme oranı en fazla olan ülke Çin'dir. Brezilya ise en yüksek potansiyele sahip ülkedir. 2019 yılında sıvı biyoyakıt üretiminde ABD, toplam üretim içerisindeki %41 oranındaki payı ile en büyük üretici olmuştur. Brezilya (%26), Endonezya (%4,5), Çin (%2,9) ve Almanya (%2,9) biyoyakıt üretiminin en fazla yapıldığı diğer ülkeler olmuştur. Biyoelektrik üretiminde Asya kıtası ön plana çıkarken bunun önemli bir kısmını Çin oluşturmuştur. En fazla üretim yapılan diğer bölgeler ise Avrupa ve Kuzey Amerika'dır (PwC, 2021).

Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde 2018 yılı yenilenebilir enerji toplam kurulu güç 466.403 MW'dir. Biyoenerji kaynaklı kurulu güç toplam yenilenebilir enerji kapasitesinin %8,2'sini oluşturmaktadır. Almanya, 2019 yılı verilerine göre Avrupa ülkeleri arasında en yüksek kapasiteye sahip ülkedir. Avrupa Birliği toplam enerji arzında biyoyakıt ve atık kaynaklarının payı %10'dur. Yıllara göre odun peleti üretimi ve tüketimi sürekli artış göstermiştir. 2018 yılında faaliyetteki toplam üretim tesisi sayısı 719'dur. Danimarka Kopenhag'da Avedone güç istasyonu, CO2 emisyonlarını yılda yaklaşık 500 bin ton azaltma beklentisi ile santralin kömür ve doğalgaz kaynağı kullanılan bir kısmını odun peleti ve samanla çalışan birime dönüştürmüştür. Macaristan'ın Pecs şehrinde ısı ve elektriğin %100'ü biyokütle ile üretilmektedir. 2018 yılında Paris'te ısıtma sisteminin yarısında kömür kullanımı bırakılarak yenilenebilir ve geri kazanılmış enerji kullanılmaya (%1 jeotermal, %2 biyoyakıt, %10 biyokütle ve %41 atık) başlanmıştır. İngiltere'de bulunan Sleaford Biyokütle Santrali ise 2014 yılından beri faaliyette olan tarım alanındaki santrallerdendir. Avrupa'da yüzlerce bunun gibi santraller bulunmaktadır (PwC, 2021).

AB ülkelerinde 2019 yılı toplam elektrik üretimi 2.416.617 GWh olarak gerçekleşmiştir. Biyokütle ile üretilen elektrik üretimi ise toplam üretimin %9,2'sini oluşturmaktadır. Bu yılda üretilen toplam ısı, 549.707 TJ olarak gerçekleşmiştir. Biyokütle ile üretilen ısı üretimi, toplam ısı üretiminin %97,4'ünü karşılamaktadır (PwC, 2021).

6. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi ve İyi Uygulama Örnekleri

Türkiye’nin coğrafi konumu, yenilenebilir enerji kaynaklarının çoğunu (güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, su) yoğun olarak kullanabilme olanağı sağlamaktadır.

Türkiye’de tarımsal nitelikli atıklar genellikle tarlalarda çürütülmekte ya da yakılmaktadır. Tarlalarda bulunan atıkların yakılması, topraktaki faydalı mikroorganizmaların ve diğer canlıların yok olmasına sebep olmanın yanında toprağın yapısının da değişmesine sebep olmaktadır. (Polat, 2020)

Türkiye’deki ilk çalışmalar, 1957 yılında Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsünde başlatılmıştır. 1960’lı yıllarda biyogazla ilgili yoğun çalışmalar yapılmıştır. Bazı Devlet Üretim Çiftliklerinde ise pilot tesisler kurulmuştur. Tarım Bakanlığına bağlı Topraksu Araştırma Enstitüsü bünyesinde 1963 yılında başlatılan çalışmalarla, beşi Eskişehir Topraksu Araştırma Enstitüsünde, ikisi Eskişehir’in köylerinde ve biri de Çorum Deneme İstasyonunda olmak üzere sekiz biyogaz tesisi kurulmuştur. Bu çalışmalar 1969 yılına kadar devam etmiştir. Biyogaz çalışmalarını yönlendirecek ve yürütecek kurumun olmamasından ve teknik eleman ve çiftçilerin yeterince eğitilememesinden bu tesislerin bir kısmı yarım kalmış, bir kısmı da bir müddet kullanıldıktan sonra kullanım dışı kalmıştır. 1980 yılı sonrasında UNICEF’in desteklediği, koordinasyonun Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından yapıldığı çalışmalara başlanılmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Maden, Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) gibi kurumlar ve Topraksu Araştırma Enstitüsü gibi kuruluşlar da bu çalışmalara dâhil olmuştur. Doğu Anadolu Bölgesi’ndeki iller başta olmak üzere, tüm kırsal alanlara öncelik verilmiştir. İlk olarak Muş-Alpaslan Devlet Üretim Çiftliği’nde 35 m³ alana sahip bir tesis kurulmuştur (Koçar vd., 2010).

Farklı coğrafi yapıya sahip Devlet Üretim Çiftliklerinde pilot tesisler kurularak testler yapılmıştır. 1982’de bu çalışmaların sorumluluğu Topraksu Araştırma Enstitüsüne verilmiştir. Devletin köylülere sağladığı 1.600 USD limitli, %16 yıllık faizli kredilerle 1.000 adet 6, 8, 12 ve 50 m³ boyutlarda biyogaz sistemleri kurulmuştur. 1984-1987 yılları arasında Köy Hizmetleri Eskişehir Araştırma Enstitüsünde, Ankara’da ve Erzurum’da biyogazla ilgili araştırma projeleri yürütülmüştür. Bazı değişiklikler dışında Hint-Çin sistemleri kurulmuştur. Ancak bu çalışmalar da organizasyon eksiklikleri ve projeler arasındaki bağlantı sorunları nedeniyle başarılı olamamıştır. Bu projelerden verim alınamamasının en önemli sebebi, reaktör sıcaklığının istenilen seviyede tutulamaması olmuştur. 1980’li yıllardan sonra bu çalışmalara ara verilmiş, 2000’li yıllarda ise üniversitelerin öncülük ettiği projelerle tekrar gündeme gelmiştir. Örneğin, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü Biyokütle Enerji Teknolojileri Araştırma Grubu (EÜ-BETAG) ve ÖR-KOOP ile yapılan protokol kapsamında, Aydın’ın Kuyucak ilçesine bağlı Pamukören beldesinde bulunan Ülkü Çiftliği’nde bir tesis kurulmuş 2007 yılında devreye girmiştir. Bahsi geçen çiftlikte tamamen yerel kaynaklar kullanılmıştır. Tesisin reaktör hacmi 60 m³, gaz depolama tankı kapasitesi 50 m³’tür. Organik gübrenin günlük miktarı kuru olarak yaklaşık 180 kg’dır. Günde toplam 60 m³ biyogaz üretilmektedir. Tesisin kendi ihtiyacı karşılandığında yaklaşık yıllık 110 milyon kcal

(11 TEP) enerji üretilmektedir. Günde yaklaşık 125 kWh e elektrik, 250 kWh ısı elektrik üretilmektedir (Koçar vd., 2010).

Türkiye’de 2001 yılında 19.000.000 ton buğday, 7.500.000 ton arpa, 2.200.000 ton mısır, 650.000 ton ayçiçeği, 2.357.892 ton kütlü pamuk ve 12.632.522 tonda şeker pancarı ürün üretilmiştir. 18 yıl sonra 2018 yılında; 20.000.000 ton buğday, 7.000.000 ton arpa, 5.700.000 ton mısır, 1.949.229 ton ayçiçeği, 2.570.000 ton kütlü pamuk, 17.436.100 ton şekerpancarı üretilmiştir. 2020 yılında ise 20.500.000 ton buğday, 8.300.000 ton arpa, 6.500.000 ton mısır, 2.067.004 ton ayçiçeği, 1.773.646 ton kütlü pamuk, 23.025.738 ton şeker pancarı üretilmiştir. Türkiye’nin 2018 yılında toplam enerji miktarı 303.000 GWh olarak gerçekleşmiştir. Bu altı ürünün toplam potansiyelinin üretilen toplam enerji miktarına oranı 2018 yılında %22 olarak hesaplanmıştır. 2001 yılında 28.332 MW olan kurulu güç 2020’de 95.891 MW’a, 122.725 GWh olan üretim ise 305.458 GWh’e çıkmıştır.

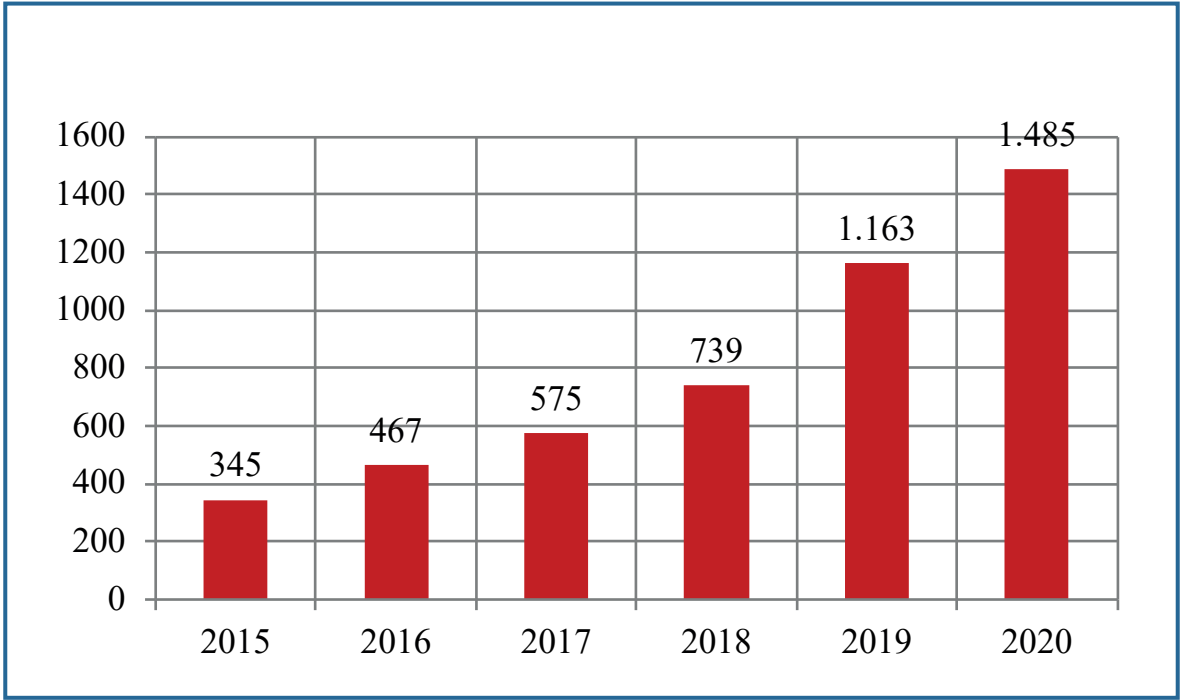
2019 yılında toplam 144,4 milyon TEP olan Türkiye birincil enerji arzında ilk sırayı %29 ile kömür almıştır. Daha sonra ise sırasıyla; petrol (%28,7), doğal gaz (%25,7) gelmiştir. 2019 yılında fosil yakıtların toplam payı %83,5’tir. Kişi başına arz 1,75 TEP’tir.

Türkiye’de 2020 yılında biyokütle üretim tesislerinin toplam lisanslı kurulu gücü 2019 yılına göre %27,7 artmış ve 1.486 MW seviyesine, toplam biyokütle ve atık ısı üretim tesislerinin sayısı ise 358’e ulaşmıştır. Toplam biyokütle kurulu gücü 2015-2020 yılları arasında yıllık ortalama %33,9 büyümüştür (PwC, 2021).

2020 yılında biyokütle tesislerinin kurulu gücü, toplam enerji kaynakları kurulu gücünün %1,5’ini oluşturmuş ve yenilenebilir enerji kaynakları kurulu güçleri içerisinde %3 oranında paya sahip olmuştur. 2019 yılı toplam kurulu gücün %54’ünü biyogaz oluşturmuştur. Elektrik üretimi %23,9 artarak 4,1 TWh seviyesine ulaşmıştır. Biyokütle kaynaklı elektrik üretimi, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde %4 oranındadır. 2013 yılında 894 GWh olan biyokütle kaynaklı elektrik üretimi, 2020 yılına kadar sürekli artarak 4.066 GWh olmuştur. 2019 yılında %79 oranla en fazla biyogazdan elektrik üretilmiştir. Aynı zamanda kurulu güç dağılımına göre biyogaz, %54 oranla en fazla paya sahiptir (PwC, 2021).

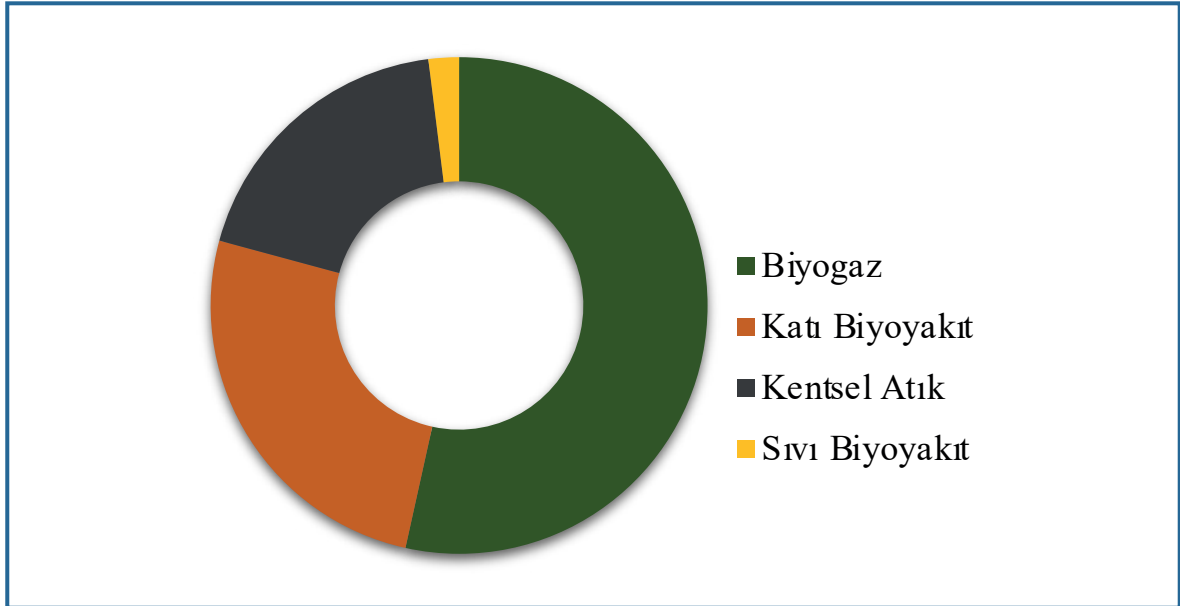


Şekil 1. Türkiye’de Lisanslı Biyokütle Kurulu Gücünün (MW) Yıllara Göre Dağılışı



Kaynak: PwC, 2021.

Şekil 2. Türkiye’de 2019 Yılı Biyokütle Kurulu Güç Dağılımı (%)



Kaynak: PwC, 2021.

Tablo 3. Türkiye’deki Yaş Gübre Miktarına Göre Potansiyel Enerji Miktarı

Hayvan Grubu	Hayvan Sayısı (adet)	Yaş Gübre Miktarı (ton/yıl)	Potansiyel Enerji Üretimi (TEP/yıl)
Büyükbaş Hayvan	17.497.113	134.150.417	975.180
Küçükbaş Hayvan	46.117.399	46.511.866	105.648
Kanatlı Hayvan	359.217.862	13.215.796	3.304.544

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2021. ve Uras, 2021.

Tablo 4. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi İçin Kullanılabilecek Diğer Atıklar ve Enerji Potansiyelleri

Enerji Üretimi için Kullanılabilecek Atıklar	Atıkların Miktarı (ton/yıl)	Enerji Potansiyeli (TEP/yıl)
Tarla Bitkileri	46.279.245	1.225.364
Bahçe Bitkileri	4.038.114	236.794
Belediye Atıkları (Biyometanizasyona Uygun)	11.889.396	93.396
Belediye Atıkları (Yakmaya Uygun)	14.476.939	392.462
Orman Varlığı Artıkları	3.529.319 (ster/yıl)	859.899

Kaynak: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2021. ve Uras, 2021.

Türkiye’de sadece hayvansal atıklardan elde edilecek biyogaz miktarının 2,2-3,9 milyar m³, hayvansal atıklardan sağlanabilecek biyogaz potansiyelinin ise yaklaşık 53,6 PJ enerji eşdeğeri olacağı tahmin edilmektedir (PwC, 2021).

Türkiye’de Biyokütle enerjisi üretiminde öne çıkan önemli şirketler bulunmaktadır. Bu şirketlerin en büyük olanları sırasıyla; ITC Türkiye, Biotrend, Oltan ve Köleoğlu, ISTAÇ, Ortadoğu Enerji, Bientaş, Gülsan Holding, İstanbul Enerji, Bemka Enerji, Panap Enerji, Global Yatırım Holding, Mutlular Enerji, Eren Holding, Era Çevre Teknolojileri ve Arel Enerjidir. Bu 15 şirket, toplam lisanslı kurulu gücün yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Biotrend, en fazla üretim tesisine sahip olan şirkettir. 2020 yılında biyokütle kaynaklı elektrik üretiminin %18’ini ITC Türkiye gerçekleştirmiştir (PwC, 2021).

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması (YEKDEM), biyokütle sektöründe önemli bir teşvik oluşturarak, özellikle genç sektörlerin teşviklerden yararlanma sürelerinin uzamasına yardımcı olmaktadır (PwC, 2021).

- İSTAC; 1994 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin girişimi ile kurulmuştur. Depolama, atık toplama ve yakma tesislerinin birlikte olduğu sistemden oluşan ilk kurumdur. Endüstriyel atık, kentsel atık, gemi atıkları ve tıbbi atık alanında faaliyet yürütmektedir. Yıllık organik atıktan üretilen kompost miktarı 17.000 ton, elektrik ihtiyacı karşılanan hane sayısı 250.000, depolanan atık miktarı 6,4 m ton, atık geri kazanım miktarı ise 4.610 tondur (PwC, 2021).
- ITC Türkiye şirketinin faaliyet alanları kentsel atık, endüstriyel atık, tıbbi atık, ambalaj atıklarıdır ve Türkiye'de birçok ile dağılmış 15 tesisi bulunmaktadır. Türkiye'de oluşan toplam atığın %22'si bu tesislerde toplanmaktadır. Türkiye'nin en büyük kapasiteli tıbbi ve tehlikeli atık bertaraf tesisidir. Yıllık 2 milyon ton karbon emisyon azaltımı gerçekleştirmektedir (PwC, 2021).
- Biotrend şirketinin Türkiye'nin birçok yerine dağılmış 12 üretim tesisi bulunmaktadır. 2020 yılı yaklaşık elektrik üretim miktarı 300.000 MWh'dir. Yıllık karbon azaltımı 2,3 ppm'dir. Elektrik ihtiyacını karşıladığı hane sayısı 200.000'dir. Ülkenin evsel atıklarının işlenme oranı %20'dir. Şirket, çöp gazı, biyokütle, atıktan türetilmiş yakıt kaynaklarını enerjiye dönüştürerek yenilenebilir enerji üretimi alanında faaliyet göstermektedir. Türkiye genelinde biyokütle enerjisine yönelik teknolojilerle ilgili yatırımları bulunmaktadır (PwC, 2021).
- Oltan Köleoğlu Enerji, tarımsal ve ormansal atık üzerine faaliyet yürüten enerji şirkettir. Toplam lisanslı tesis sayısı 4'tür (PwC, 2021).
- Gülsan Holding, Panab Enerji (Panda), Global Yatırım Holding, Mutlular Enerji gibi önemli diğer şirketlerde yürütülen faaliyet alanlarında hayvansal atıklar da yer almaktadır. Bu şirketler, daha az lisanslı tesisi olan şirketlerdir (PwC, 2021).

7. TRA2 Bölgesi Biyokütle Enerji Potansiyeli

Kars, Ardahan, Iğdır ve Ağrı il merkezi ile Digor, Sarıkamış, Kağızman, Selim, Susuz, Arpaçay, Akyaka, Göle, Çıldır, Hanak, Damal, Posof, Tuzluca, Karakoyunlu, Aralık, Eleşkirt, Taşlıçay, Patnos, Hamur, Diyadin, Tutak ve Doğubayazıt ilçelerinden oluşan bölge, istatistiki olarak Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi'nin Ağrı Alt Bölgesini oluşturmaktadır (Şekil 3).

TRA2 Bölgesi, ülkenin sınır bölgelerinden biridir. Bölge, doğusunda Ermenistan, güneydoğusunda İran ve Azerbaycan (Nahçıvan), kuzeyinde Gürcistan ile çevrilidir. Bu dört ülke ile komşu olması ve yedi sınır kapısının (4'ü aktif) olması nedeniyle önemli bir bölgedir. Türkiye'nin kuzeydoğusunda yer alan bölge, 30.193 km²'lik alanı ile Türkiye'nin %3,8'ini oluşturmaktadır. Bölgenin yüzey şekillerinde platolar, dağlar, yaylalar, ovalar ve nehirler gibi topografik unsurlar yer almaktadır. Bölgenin rakımı 805 m (Dilucu Ovası) ve 5.137 m (Ağrı Dağı) arasında değişiklik göstermektedir. Bölge, Ağrı, Süphan, Tendürek dağları ve

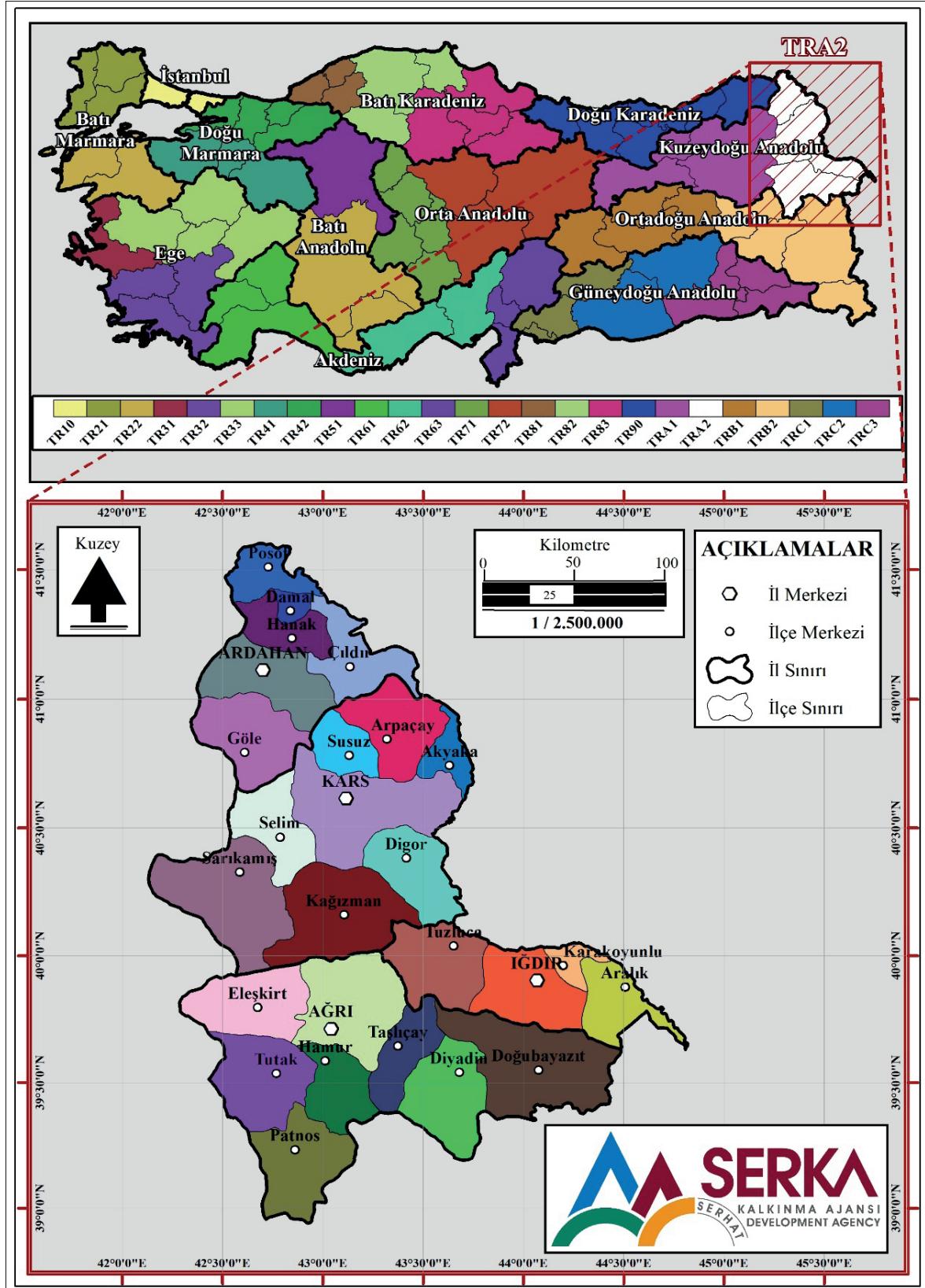
Allahuekber, Yalnızçam sıradağları gibi yükseltilere sahiptir. Iğdır ili ile Kars'ın Kağızman ilçesi, mikro klima iklim özelliğine sahiptir.

Özellikle hayvancılık bölgesi olarak kabul edilen bölgede istihdamın önemli bir kısmı tarım sektöründe yer almaktadır. Refah düzeyinin yavaş artışı başta göç olmak üzere sosyal sorunların devam etmesi, iklim koşulları ve hammadde yetersizliği gibi sorunlar sanayi sektörünün yeterince gelişmemesine neden olmuştur (SERKA, 2014-2023).

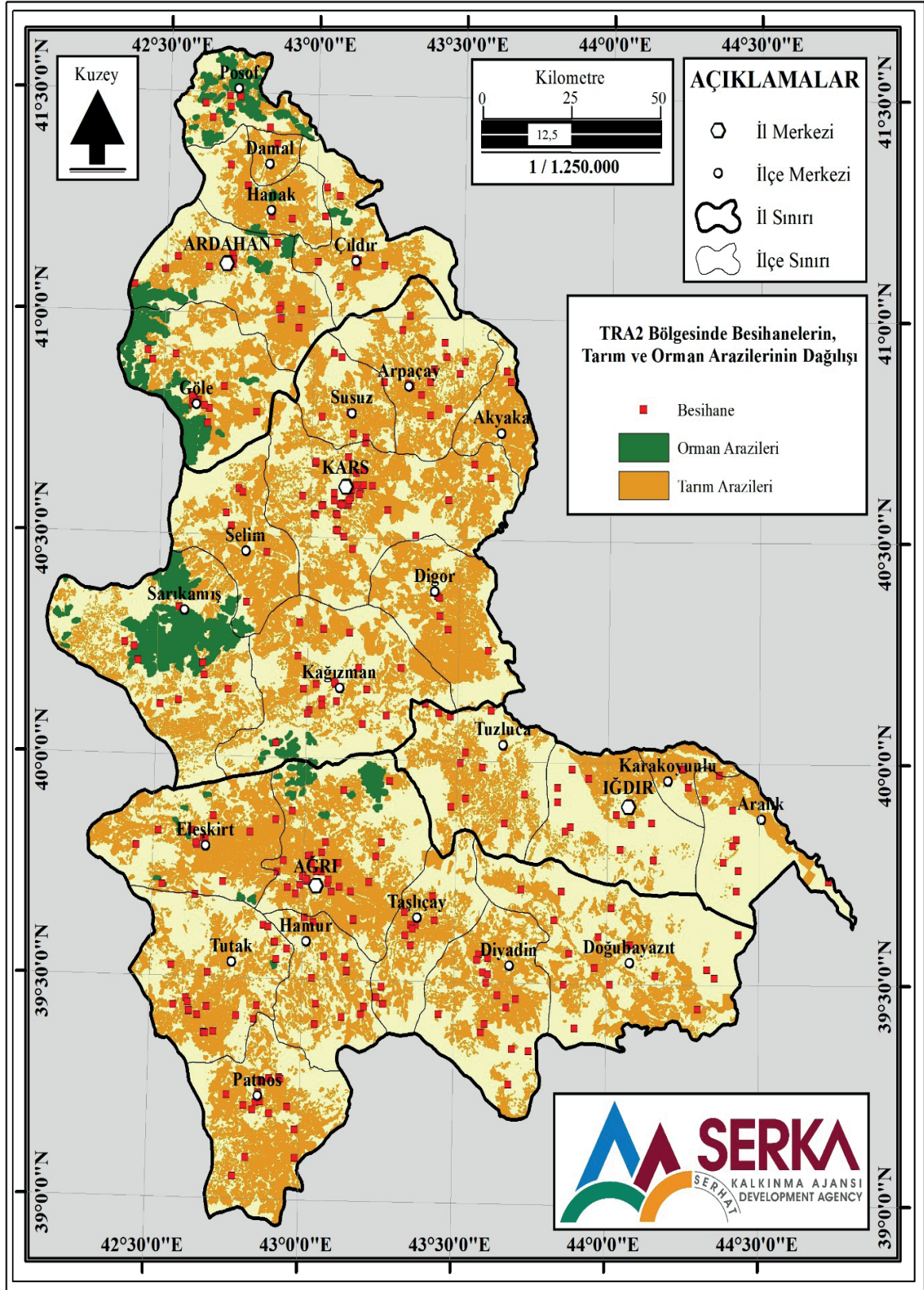
Bölgede yüksek platoların ve geniş otlak alanlarının varlığı, hayvancılık için önemli bir avantaj sağlamıştır. Bölge içinde farklılaşan iklim koşulları ve coğrafi yapı gibi unsurlar, tarımsal üretimin farklılaşmasına da neden olmuştur (SERKA, 2014-2023).



Şekil 3. TRA2 Bölgesi'nin Coğrafi Konumu



Şekil 4. TRA2 Bölgesi'nde Besihanelerin, Tarım ve Orman Arazilerinin Dağılışı



Bölgedeki tarım alanlarının, orman arazilerinin ve besihanelerin dağılımına baktığımızda, Kars Merkez ilçede ve Ağrı Merkez ilçede besihanelerin yoğunlaştığı, orman arazilerinin bölgenin kuzey-kuzeybatı-batı sınırında özellikle Sarıkamış ilçesinde yoğunlaştığı, tarım alanlarının ise bölgenin büyük kısmını kapladığı görülmektedir (Şekil 4). Bölgedeki tarım faaliyetinin ön planda olması, organik atıklara erişimi de artırmaktadır. Biyokütle kaynaklarının fazla olması, bölgede kurulacak santralin enerji üretimindeki rolünün önemli olduğunu da göstermektedir.

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları zengin olan bir ülkedir. Buna rağmen enerji ihtiyacının %70'ini dışarıdan karşılamaktadır. Mevcut atıkların %35'i organik atıklardan oluşmaktadır. Bu atıklar çoğunlukla çevreye atılarak çevre kirliliği oluşturmakta, değerlendirilememektedir. İklim değişikliği sorunu, bu atıkların kullanılması ve karbon emisyonunun azaltılması için önemli bir neden haline gelmiştir. Bu durum, hayvansal atıklar, tarımsal atıklar, evsel atıklar, endüstriyel atıklar, kentsel atıklar ve atık sularından meydana gelen biyokütle enerjisini öne çıkarmıştır (Çağlayan, 2020).

2020 yılında yapılan “Doğu Anadolu Bölgesindeki Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Atıklarının Biyogaz Potansiyelinin İncelenmesi” adlı çalışmada Doğu Anadolu Bölgesi’nde büyükbaş hayvan sayısının %23,1’i Erzurum, %13,5’inin Kars, %11,66’sının Ağrı ilinde olduğu belirlenmiştir. Küçükbaş hayvan sayısının ise %24,13’ü Van, %12,04’ü Ağrı, %9,48’i Muş ilindedir. Bu durumda, bölgede en fazla biyogaz potansiyeline sahip il Van’dır. En düşük potansiyele sahip il ise Tunceli’dir. Enerji ihtiyacının karşılanması yönünden en fazla avantaja sahip il Ardahan’dır. İlde üretilebilecek enerji, nüfusun çoğunun ihtiyaçlarına karşılık verecektir. Tüm veriler göz önüne alındığında, Doğu Anadolu Bölgesi’nde yaşayan nüfusun %34’ünün enerji ihtiyacı biyogaz enerjisinden karşılanabilecektir. Bu potansiyel enerji kaynağı, bölgedeki ekonomik kalkınma için önemli görülmektedir. Biyogaz tesislerinin kurulması aynı zamanda çevresel faktörlerin de iyileşmesini sağlayacaktır (Çağlayan, 2020).

2016 yılı verilerine göre, Türkiye’nin tarımsal biyokütle enerji potansiyelinin beş yıllık ortalaması 2,6 milyon MW’a karşılık gelmektedir. Bu potansiyelin yaklaşık 248 bin MW’ı Doğu Anadolu Bölgesi’ndedir. Hem Türkiye hem de bölgenin enerji ihtiyacını karşılamak için bu potansiyelin iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Verimin optimum düzeyde karşılanması için de geleneksel yöntemlerden modern yöntemlere geçiş önem arz etmektedir. (Kuş vd., 2016).

Iğdır ilinde 2016 yılında yapılan “Tarımsal Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Eşdeğeri” adlı çalışmada, yıllara göre ilçelerin yem bitkileri üretiminde gerçekleşen artış, biyokütle enerjisi potansiyeline de yansımıştır. Yıllık biyokütle potansiyeli 639 bin TEP veya 7432 MW’a denk gelmektedir. Tarla Bitkileri, sebze ve meyvelerden elde edilen potansiyel biyokütle enerjisinin yarısından fazlası Merkez ilçede elde edilmektedir. Yapılan bu araştırma sonucuna göre 2016 yılında biyokütle enerji potansiyeli 2271 MW’tır. Iğdır ilinde tarımsal ürünlerden elde edilen atıklar hem enerji üretiminde kullanılacak hem de enerji üretiminden kalan artık ürün tarımda kullanılarak ürünlere fayda sağlayacaktır (Kuş vd., 2016).

Iğdır ilinde 2012 yılında yapılan “Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli” adlı araştırmada; ilin yıllık 21.441 milyon m³ biyogaz üretim potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmadaki sonuçlara göre bu değerin %38’i Tuzluca, %27’si Merkez, %18’i Aralık ve %17’si Karakoyunlu ilçelerine dağılmıştır. İl genelinde elde edilecek biyogaz miktarının, yaklaşık 100 milyon kWh elektrik enerjisine ya da 17 milyon litre benzinden elde edilen enerjiye karşılık geldiği belirlenmiştir. Biyogaz tesislerinin kurulması, ilin enerji ihtiyacının karşılanmasına ve daha kaliteli ahır gübresi kullanılmasına olanak sağlayacaktır (Altıkat ve Çelik, 2012).

Ağrı ilinde 2019 yılında yapılan “İlin Büyükbaş Hayvan Varlığı ve Hayvansal Atıklardan Biyogaz ve Elektrik Üretimine Ağrı İli ve Ülke Ekonomisine Katkısı” adlı çalışmaya göre, ilin 2019 yılı hayvancılık verilerine bakıldığında bir işletmenin ortalama büyükbaş hayvan varlığı 8 baştır. 50-100 baş arası hayvan sayısına sahip işletme sayısı 624 adet ve 100 baş ve üzeri hayvan sayısına sahip işletme sayısı ise 180 adettir. Bu araştırmanın sonucuna göre, ilde biyogaz ve elektrik dönüşüm tesislerinden elde edilebilecek elektrik, toplam elektriğin %69’unu karşılayacaktır. İlin ve bağlı bulunan yedi ilçenin hayvan sayısı biyogaz ve elektrik dönüşüm tesislerinin kurulmasında yeterlidir (Erhan, 2019).

Ardahan ilinde yapılan Biyogaz Tesisi Ön Fizibilite Raporu’na göre ilde hayvancılık faaliyetleri yıl içinde iki dönemde incelenmelidir. Kış dönemi olarak adlandırılan ve kasım ayı ortası ile nisan ayı ortası olan süreci kapsayan 150 günlük zamanda hayvanlar ahırlarda tutulurken, nisan ayı ortası-kasım ayı ortası arasındaki süreçte hayvanlar gündüzleri mera ve çayırda gezdirilmekte, geceleri ise ahırlarda tutulmaktadır. Bu nedenle atık miktarları belirlenirken bu iki dönem dikkate alınmalıdır. Meralarda gezen hayvanların atıklarının tamamını toplamak oldukça güç olmaktadır. Bu nedenle toplanabilir atık miktarının oranı daha az sayılmıştır. Buna göre, Ardahan ili hayvansal atıklarının toplamından yaklaşık olarak yılda 58 milyon m³ metan gazını potansiyel olarak elde etmek mümkündür. Bu metan gazı enerjiye dönüştürüldüğünde yılda yaklaşık 234 milyon kWh elektrik enerjisi elde edilmektedir. Kurulacak tesis öncelikle Ardahan Merkez ilçe ve köylerine hizmet edecek şekilde yaklaşık 2 MW kurulu güce sahip olmalıdır. Tesisten yılda yaklaşık 16,2 milyon kWh elektrik elde edilecektir (SERKA ve T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020).

Tüm TRA2 illerinin temel sorunu, küçük ve parçalı aile işletmelerinden oluşmasıdır. Dağınık haldeki işletmelerdeki atığı toplamak sorun oluşturmakla birlikte, meracılık faaliyeti nedeniyle hayvan gübrelerinin belli mevsimlerde toplanması güçleşmektedir (Kuş vd., 2016).

8. TRA2 Bölgesi Biyokütle Enerji Atlası

Büyükbaş hayvancılığın yoğun yapıldığı TRA2 Bölgesi’nde 2020 yılı toplam büyükbaş hayvan sayısı, 1.296.111’dir. Bölgedeki toplam büyükbaş hayvan sayısının %30’unu Ağrı, %34,7’ini Kars, %23,7’ünü Ardahan, %11,6’ini ise Iğdır oluşturmaktadır. Bölgedeki büyükbaş hayvanlardan çıkan enerji eşdeğerleri Ağrı ilinde %26, Kars ilinde %38, Ardahan

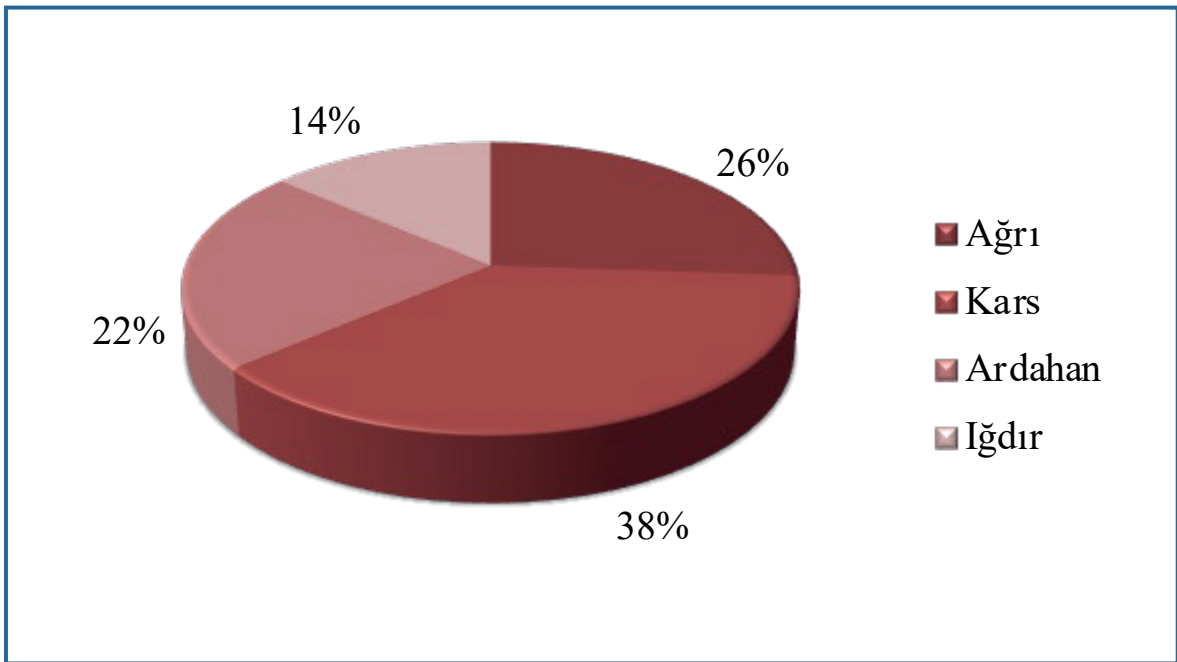
ilinde %22, Iğdır ilinde ise %14 paya sahip olmakla birlikte bölgenin toplam enerji eşdeğeri 58.599,7 TEP/yıldır.

Tablo 5. İllere Göre Büyükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri

	Büyükbaş Hayvan Sayısı	Atık Miktarı (Ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Ağrı	388.452	2.455.837,9	15.288,4
Kars	450.101	3.207.202,3	22.051,1
Ardahan	306.925	2.039.491,6	13.241,6
Iğdır	150.633	1.125.308,2	8.018,6

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

Şekil 5. TRA2 Bölgesi'nde Büyükbaş Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)



Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

Ağrı ilinin Merkez ilçesinde 103.675 büyükbaş hayvanlardan elde edilen atık miktarı 654.947,6 tondur. Bu atık miktarından çıkan enerji eşdeğeri ise 4.079,2 TEP/yıldır. Ağrı ilinde en fazla atık miktarına sahip ilçeler Merkez, Eleşkirt ve Doğubayazıt ilçeleridir. Bu ilçelerin toplam ürettikleri enerji eşdeğeri 8.487,8 TEP/yıl olmakla birlikte ilin toplam enerji eşdeğerinin %55,5'ini oluşturmaktadır.

Tablo 6. Ağrı İlinin İlçelerine Göre Büyükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri

	Hayvan Sayısı (adet)	Atık Miktarı (ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Diyadin	14.986	92.914,4	568,6
Doğubayazıt	48.849	302.879,6	1.851,6
Eleşkirt	62.152	402.380	2.557
Hamur	43.226	263.690,7	1.586,6
Merkez	103.675	654.947,6	4.079,2
Patnos	36.145	235.264,5	1.502,4
Taşlıçay	24.132	150.789,9	928,1
Tutak	55.287	352.971,2	2.214,9

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

Tablo 7. Kars İlinin İlçelerine Göre Büyükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri

	Hayvan Sayısı (adet)	Atık Miktarı (ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Akyaka	32.642	236.585,7	1.646,9
Merkez	110.030	784.012,8	5.390,4
Selim	59.010	420.479,2	2.891
Arpaçay	57.000	406.155,3	2.792,6
Digor	48.000	342.025,4	2.351,6
Kağızman	45.000	320.648,9	2.204,6
Sarıkamış	61.001	434.662,9	2.988,4
Susuz	35.000	249.393,5	1.714,7
Akyaka	2.418	13.238,6	70,9

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

Kars ilinin Merkez ilçesinde 110.030 büyükbaş hayvandan 884.012,8 ton atık üretilmektedir. Bu atık miktarından çıkan enerji eşdeğeri ise 5.390,4 TEP/yıldır. Kars ilinde en fazla atık miktarına sahip ilçeler; Merkez, Sarıkamış, Selim ve Arpaçay ilçeleridir. Bu ilçelerin toplam ürettikleri enerji eşdeğeri 14.062,4 TEP/yıl olmakla birlikte ilin toplam enerji eşdeğerinin %63,7'sini oluşturmaktadır.

Tablo 8. Ardahan İlinin İlçelerine Göre Büyükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri

	Hayvan Sayısı (adet)	Atık Miktarı (ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Merkez	95.633	632.526,8	4.090,1
Çıldır	39.643	263.450,8	1.709,7
Damal	18.580	127.795,3	853,9
Göle	93.325	624.059,8	4.072,2
Hanak	42.572	277.978,9	1.780,4
Posof	17.172	113.680,0	735,3

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

Ardahan ilinin en fazla atık miktarına ve buna paralel olarak en fazla enerji eşdeğerine sahip ilçeleri; Merkez ve Göle ilçeleridir. Bu iki ilçenin toplam enerji eşdeğeri 8.162,3 TEP/yıl olmakla birlikte ilin toplam enerji eşdeğerinin %61,6'sını oluşturmaktadır.

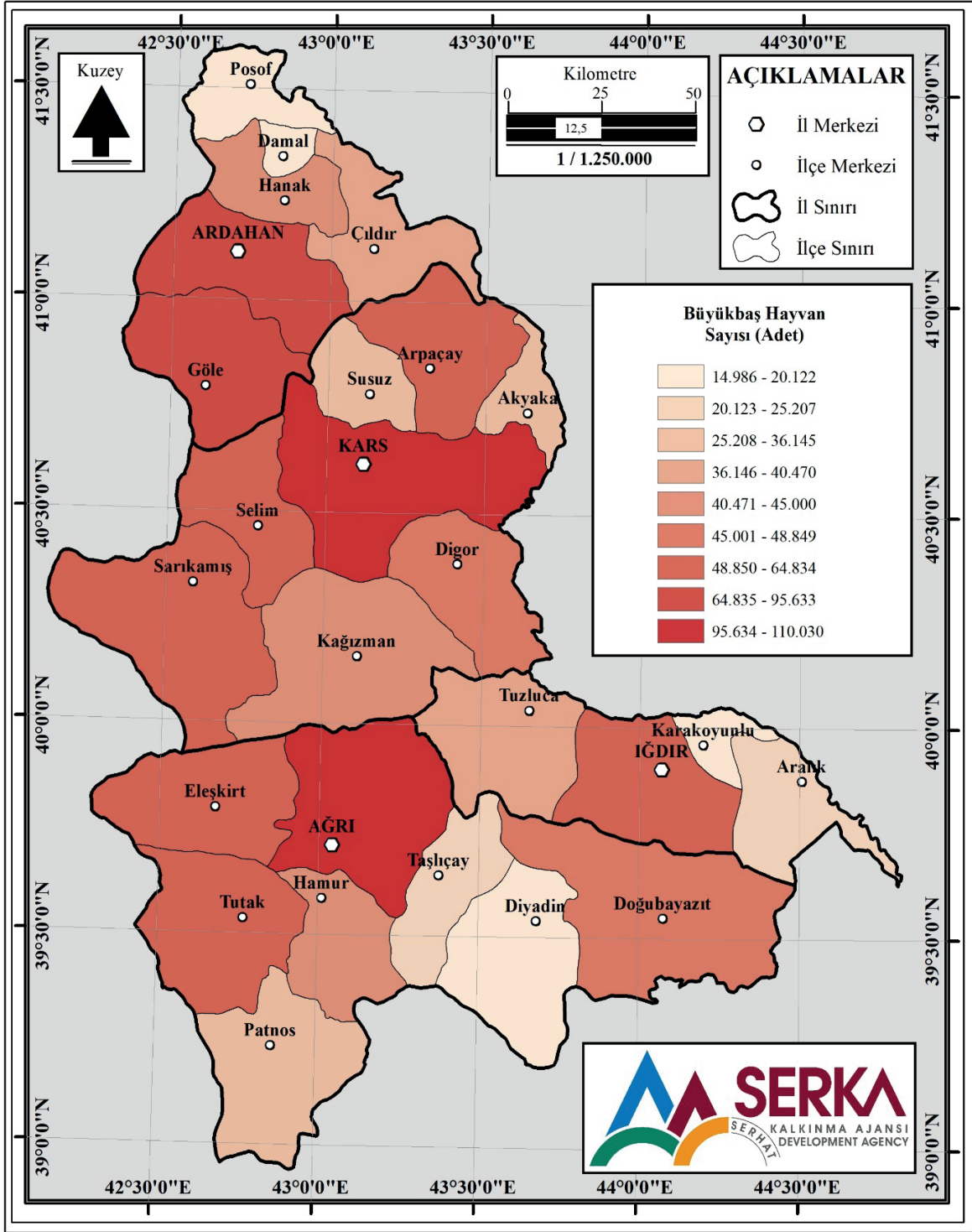
Tablo 9. Iğdır İlinin İlçelerine Göre Büyükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri

	Hayvan Sayısı (adet)	Atık Miktarı (ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Aralık	25.207	195.913,4	1.434,7
Karakoyunlu	20.122	144.534,2	1.001,5
Merkez	64.834	504.412,8	3.695,6
Tuzluca	40.470	280.447,8	1.886,8

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

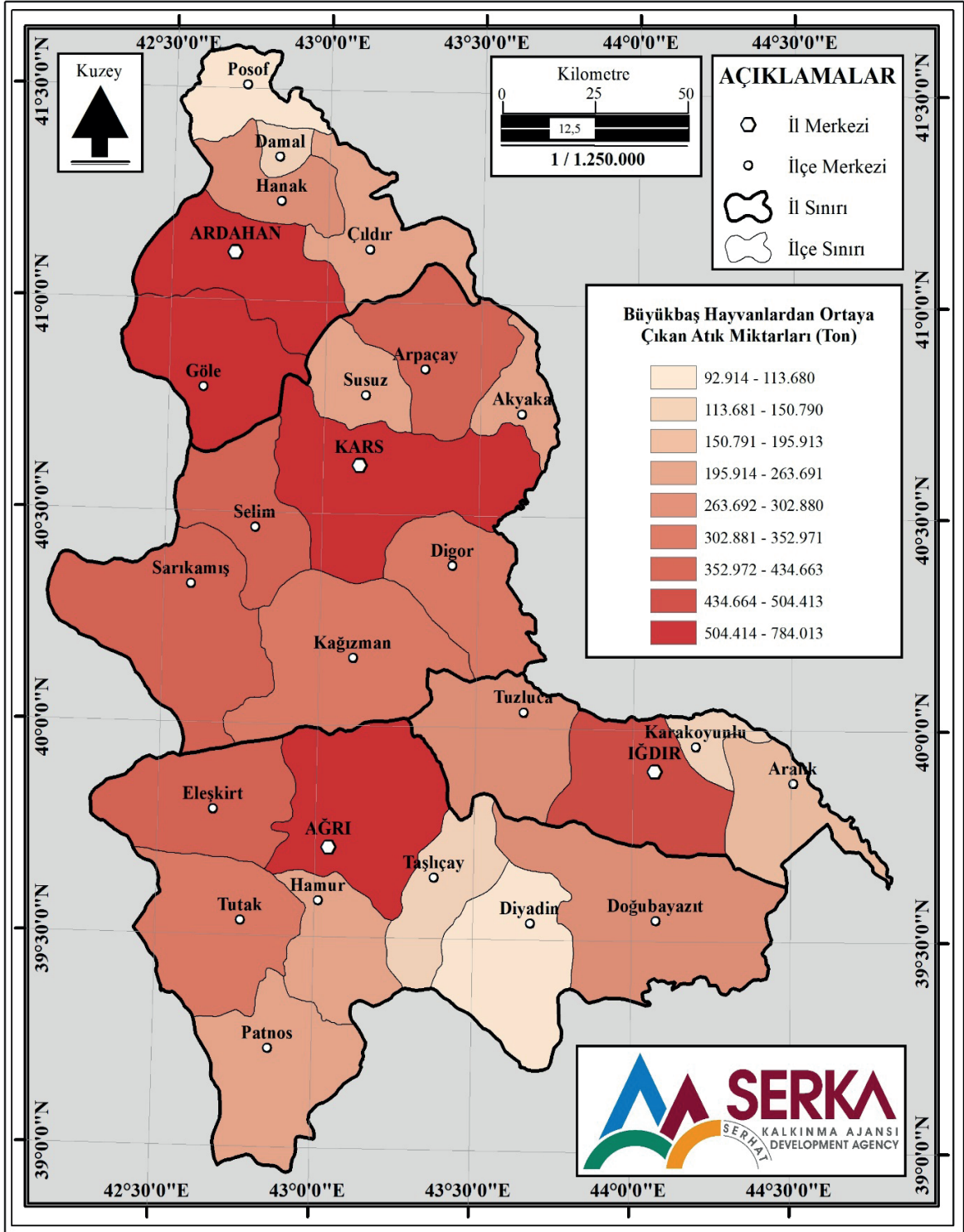
Iğdır ilinin ilçelere göre atık miktarına bakıldığında en fazla büyükbaş hayvan atığının Merkez ilçede olduğu (504.412,8 ton) görülmektedir. İlin toplam enerji eşdeğeri 8.018,6 TEP/yıldır. Merkez ilçe, toplam üretilebilecek enerji eşdeğeri potansiyelinin yaklaşık yarısına sahiptir. Diğer illerle karşılaştırıldığında Iğdır ili, büyükbaş hayvan enerji eşdeğeri potansiyeli en düşük olan ildir.

Şekil 6. TRA2 Bölgesi'ndeki İllere ve İlçelere Göre Büyükbaş Hayvan Sayısı



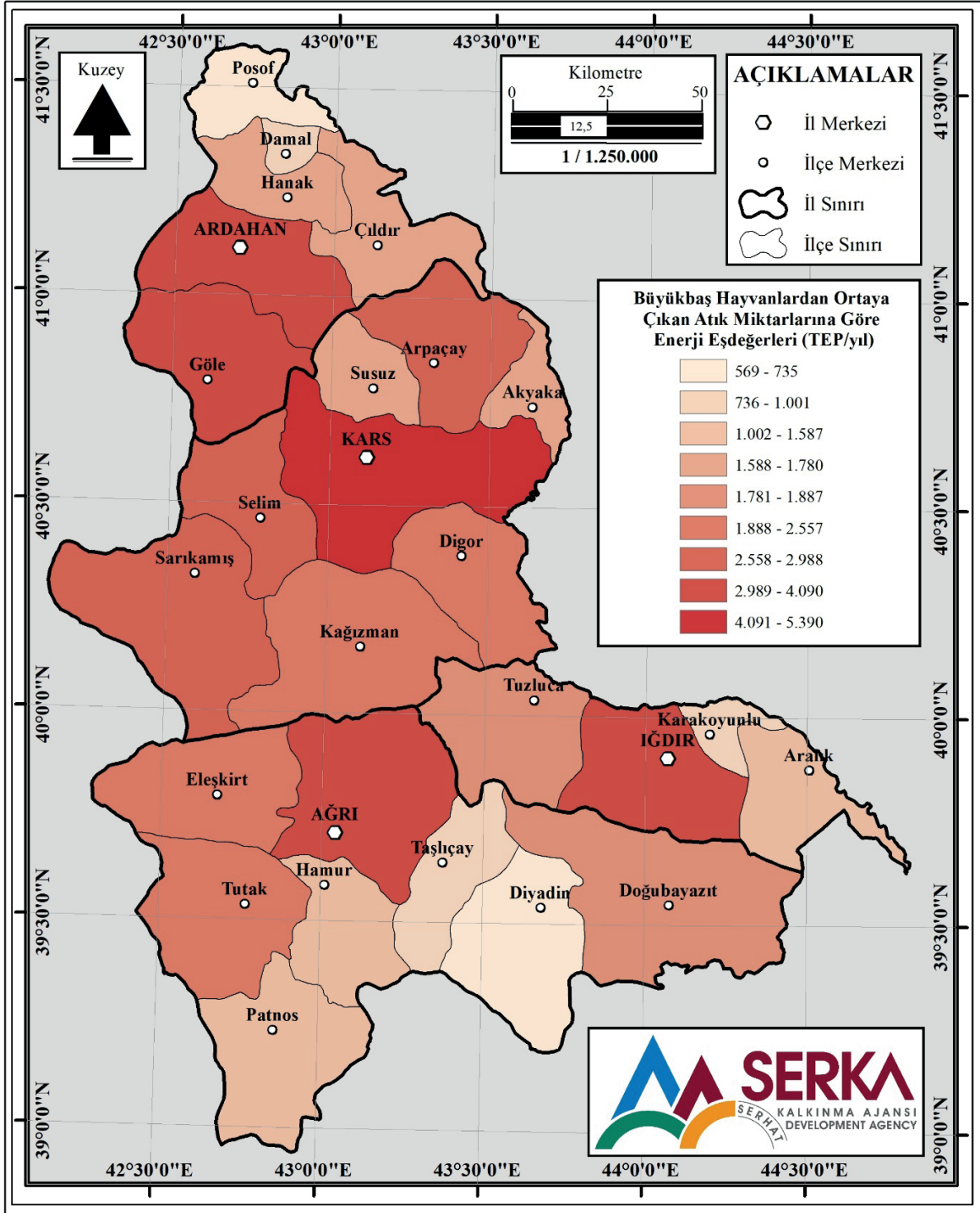
Bölgede büyükbaş hayvan sayısı en fazla olan ilçeler; Ardahan Merkez, Ardahan Gölle, Kars Merkez ve Ağrı Merkez ilçeleridir (Şekil 6).

Şekil 7. TRA2 Bölgesi'nde Büyükbaş Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarları (Ton)



Bölgede büyükbaş hayvanlardan elde edilen atık miktarı en fazla; Kars Merkez, Ağrı Merkez, Ardahan Merkez ve Ardahan Göle ilçelerinde bulunmaktadır (Şekil 7).

Şekil 8. TRA2 Bölgesi'nde Büyükbaş Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)



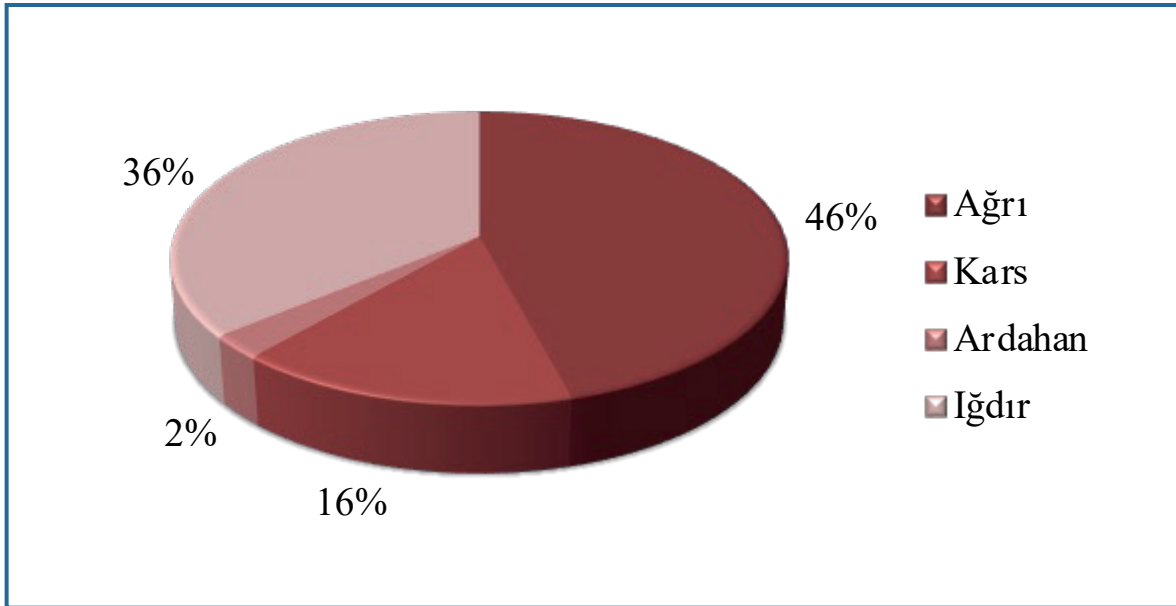
Bölgede büyükbaş hayvanlardan elde edilen atık miktarlarına göre potansiyel enerji eşdeğerleri en fazla; Kars Merkez, Ardahan Merkez, Ardahan Göle, Iğdır Merkez, Ağrı Merkez ilçelerinde mevcuttur (Şekil 8).

Tablo 10. İllere Göre Küçükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri

	Küçükbaş Hayvan Sayısı	Atık Miktarı (Ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Ağrı	1.322.805	1.420.237,0	3.376
Kars	456.500	487.822,5	1.156,2
Ardahan	74.238	80.282,6	191,8
Iğdır	1.028.322	1.109.282,9	2.645,5

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

Bölgede 2020 yılı toplam küçükbaş hayvan sayısı 2.881.865, toplam atık miktarı 3.097.625 ton, toplam potansiyel enerji eşdeğeri ise 7.369,5 TEP/yıldır. İllere göre bakıldığında Ağrı ve Iğdır illeri toplam potansiyel enerji eşdeğerinin %82'sini oluşturmaktadır.



Şekil 9. TRA2 Bölgesi'nde Küçükbaş Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

Bölgede büyükbaş hayvan atıklarından elde edilebilecek enerji eşdeğeri 58.599,7 TEP/yıl, küçükbaş hayvan atıklarından elde edilebilecek enerji eşdeğeri 7.369,5 TEP/yıldır. Bölgenin enerji sağlamadaki en önemli biyokütle enerji kaynağı, büyükbaş hayvanlardan ortaya çıkan atıklardır.

Tablo 11. Ağrı İlinin İlçelerine Göre Küçükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri

	Hayvan Sayısı (adet)	Atık Miktarı (ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Diyadin	259.622	281.950,1	675,5
Doğubayazıt	546.456	588.149,3	1.400,5
Eleşkirt	45.057	48.088,7	113,8
Hamur	67.281	72.046,30	170,9
Merkez	77.982	83.527	198,2
Patnos	201.713	213.886	504,1
Taşlıçay	69.208	74.022,4	175,5
Tutak	55.486	58.567,2	137,5

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

Ağrı ilinin ilçelerine göre hayvan sayısı buna paralel olarak atık miktarı ve enerji eşdeğeri en yüksek olan ilçeleri; Doğubayazıt, Diyadin ve Patnos ilçeleridir. Bu ilçeler ilin toplam enerji eşdeğerinin %76,4'sını oluşturmaktadır.

Tablo 12. Kars İlinin İlçelerine Göre Küçükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri

	Hayvan Sayısı (adet)	Atık Miktarı (ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Sarıkamış	35.000	36.500	85
Digor	80.000	84.862,5	200,1
Akyaka	13.000	13.870	32,9
Arpaçay	61.500	66.795	160,1
Kağızman	159.000	170.820	406,3
Merkez	70.000	74.825	177,4
Selim	25.000	26.280	61,5
Susuz	13.000	13.870	32,9

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

Kars ilinin hayvan sayısı, buna paralel olarak atık miktarı ve enerji eşdeğeri en yüksek olan ilçesi Kağızman'dır. Bu ilçe ilin toplam enerji eşdeğerinin % 35,1'ini oluşturmaktadır.

Tablo 13. Ardahan İlinin İlçelerine Göre Küçükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri

	Hayvan Sayısı (adet)	Atık Miktarı (ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Çıldır	29.096	31.567,3	75,5
Damal	140	151,5	0,4
Göle	16.750	17.976,3	42,7
Hanak	3.240	3.507,7	8,4
Merkez	24.000	25.988	62,1
Posof	1.012	1.091,8	2,7

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

Ardahan ilinin hayvan sayısı buna paralel olarak atık miktarı ve enerji eşdeğeri en yüksek olan ilçeleri; Çıldır, Merkez ve Göle'dir. Bu üç ilçenin toplam enerji eşdeğeri ilin toplam enerji eşdeğerinin %94'üne karşılık gelmektedir.

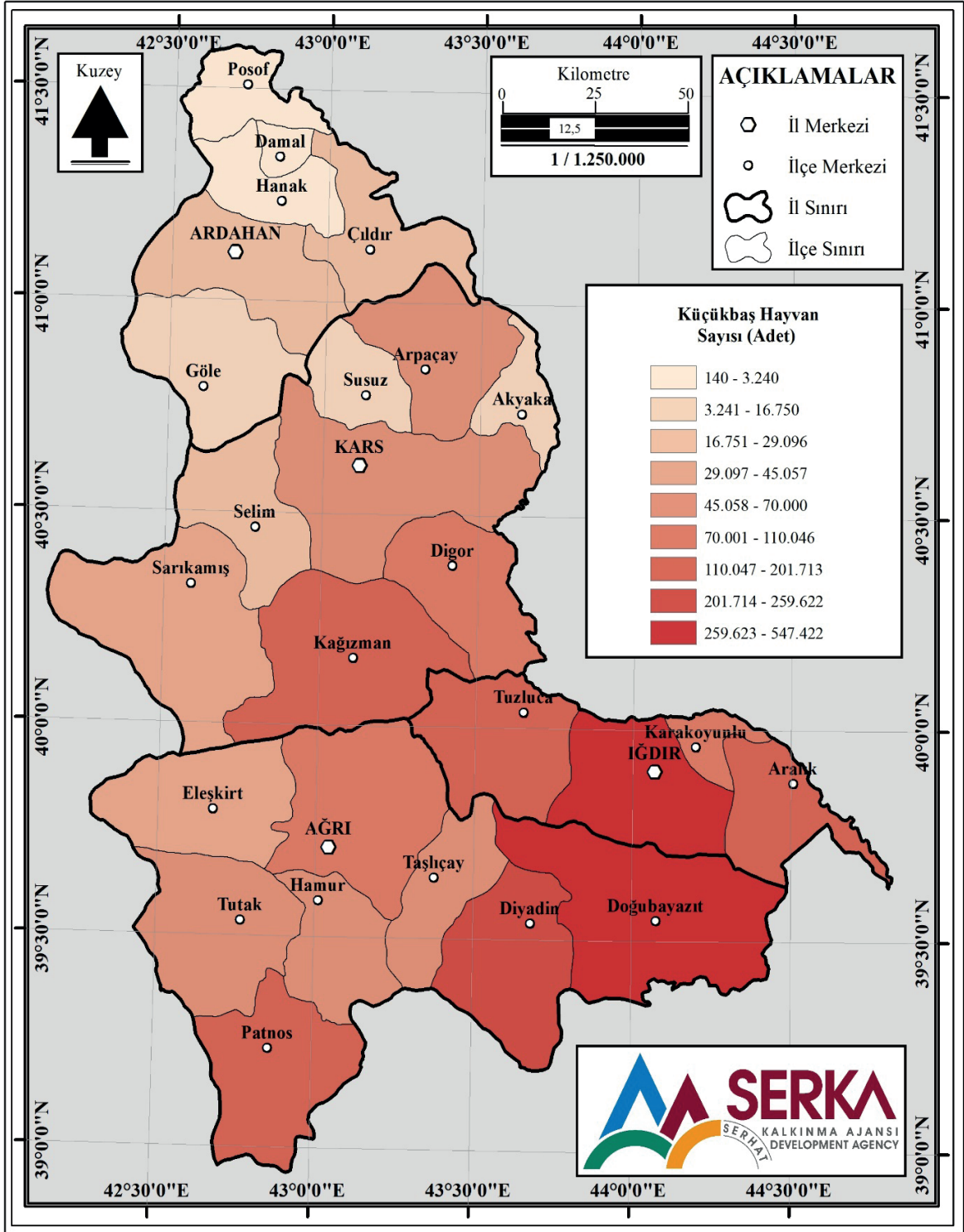
Tablo 14. Iğdır İlinin İlçelerine Göre Küçükbaş Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri

	Hayvan Sayısı (adet)	Atık Miktarı (ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Aralık	189.384	204.258,4	487,1
Karakoyunlu	110.046	118.173,2	281
Merkez	547.422	591.853,7	1.413,6
Tuzluca	181.470	194.997,6	463,8

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

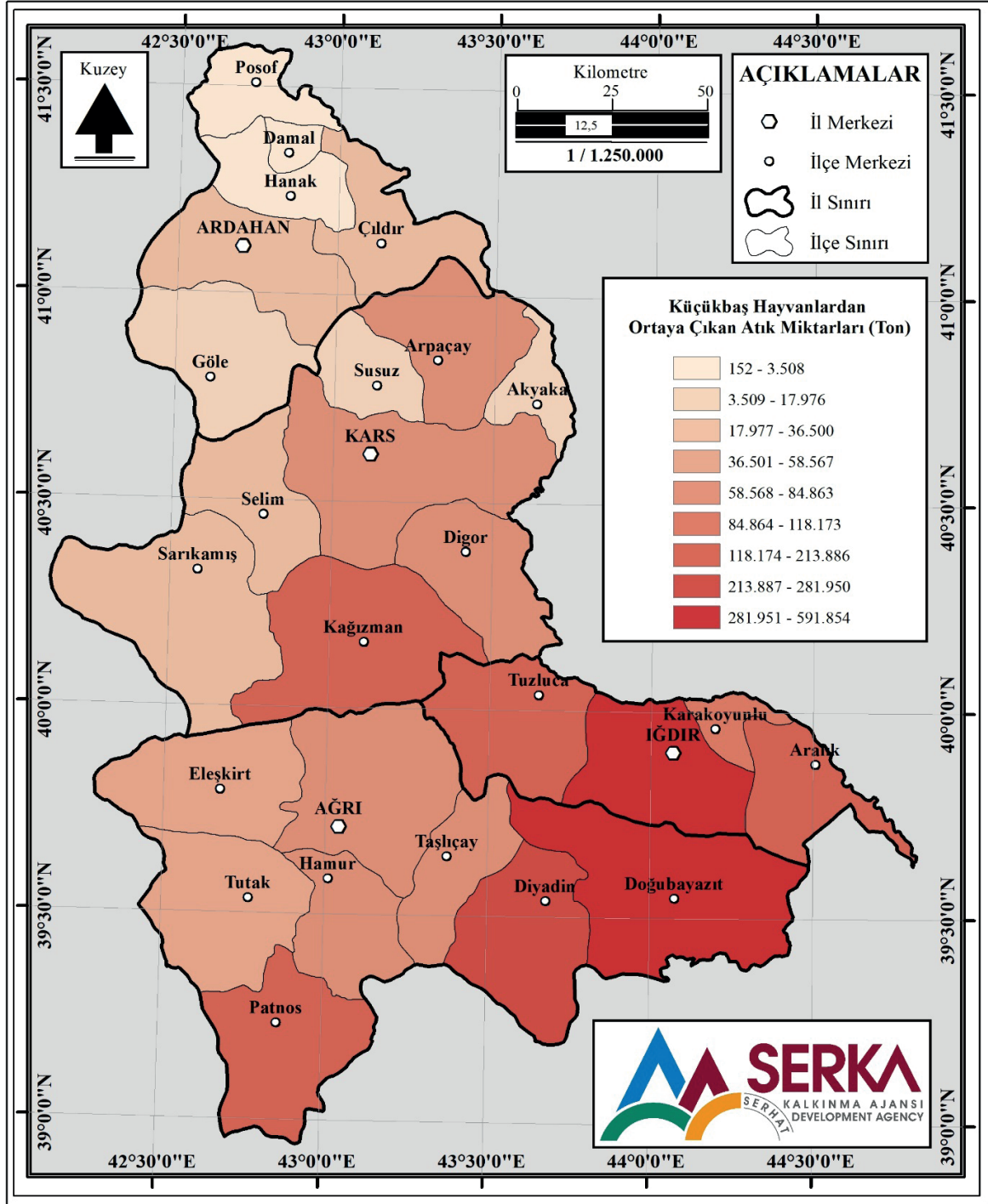
Iğdır ilinin hayvan sayısı buna paralel olarak atık miktarı ve enerji eşdeğeri en yüksek olan ilçesi Merkez ilçedir. Merkez ilçenin enerji eşdeğeri, ilin toplam enerji eşdeğerinin %53,4'üdür.

Şekil 10. TRA2 Bölgesi'nin İllerine ve İlçelerine Göre Küçükbaş Hayvan Sayısı (Adet)



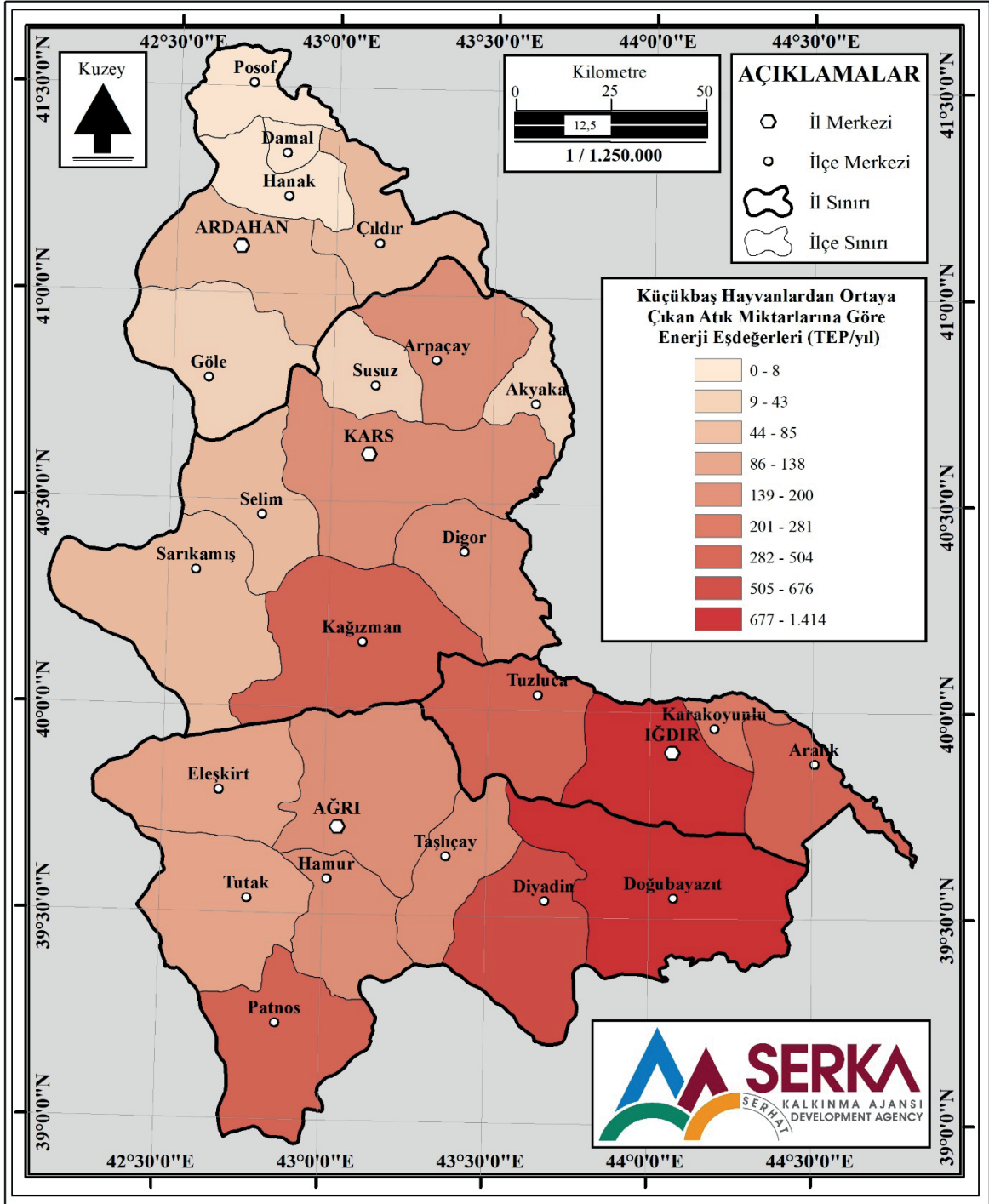
Bölgede küçükbaş hayvan sayısı en fazla olan ilçeler; Iğdır Merkez ve Doğubayazıt ilçeleridir (Şekil 10).

Şekil 11. TRA2 Bölgesi'nde Küçükbaş Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarları (Ton)



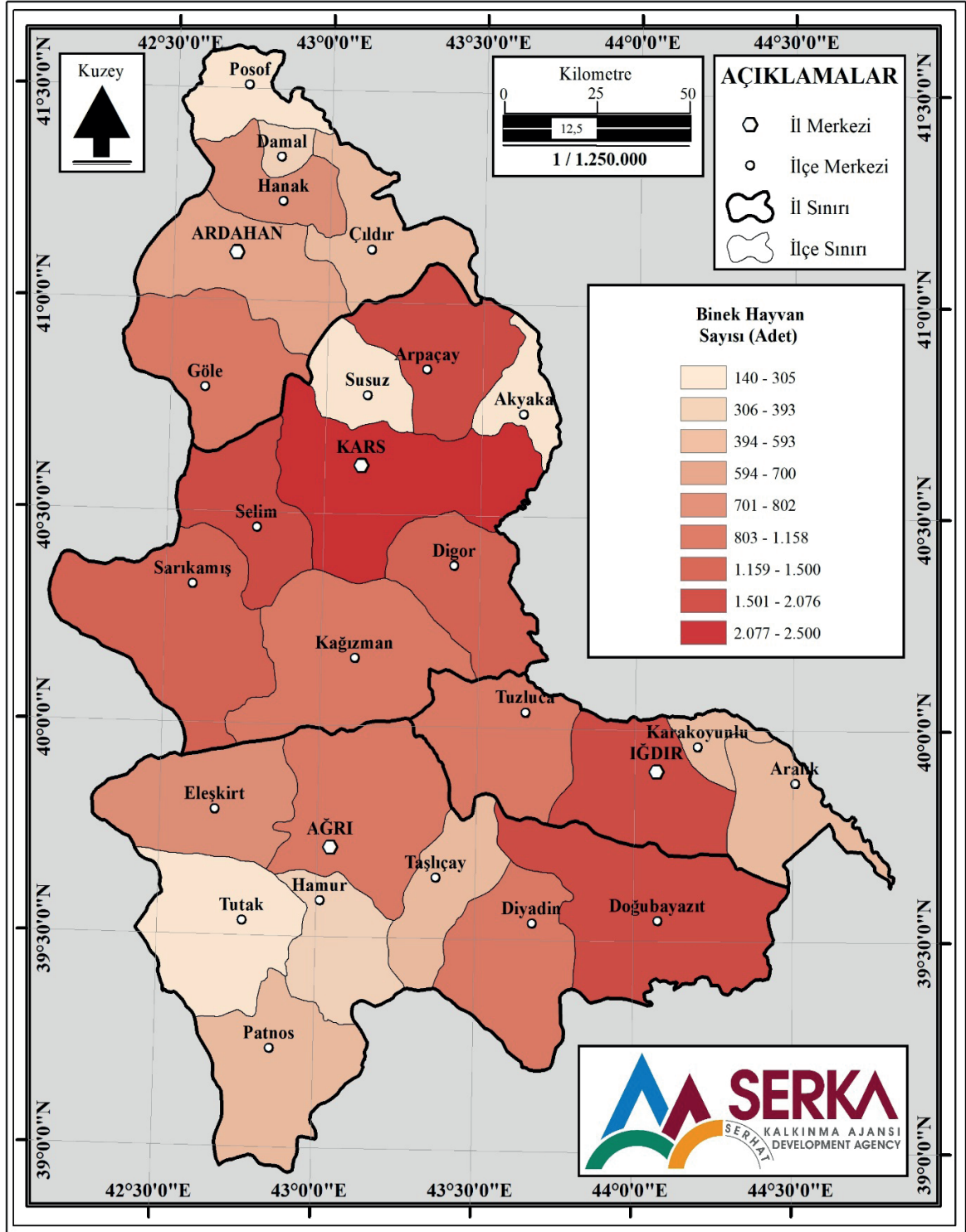
Bölgede küçükbaş hayvanlardan elde edilen atık miktarı en fazla olan ilçeler; hayvan sayısına paralel olarak Iğdır Merkez ilçesi ve Ağrı Doğubayazıt ilçesidir (Şekil 11).

Şekil 12. TRA2 Bölgesi'nde Küçükbaş Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)



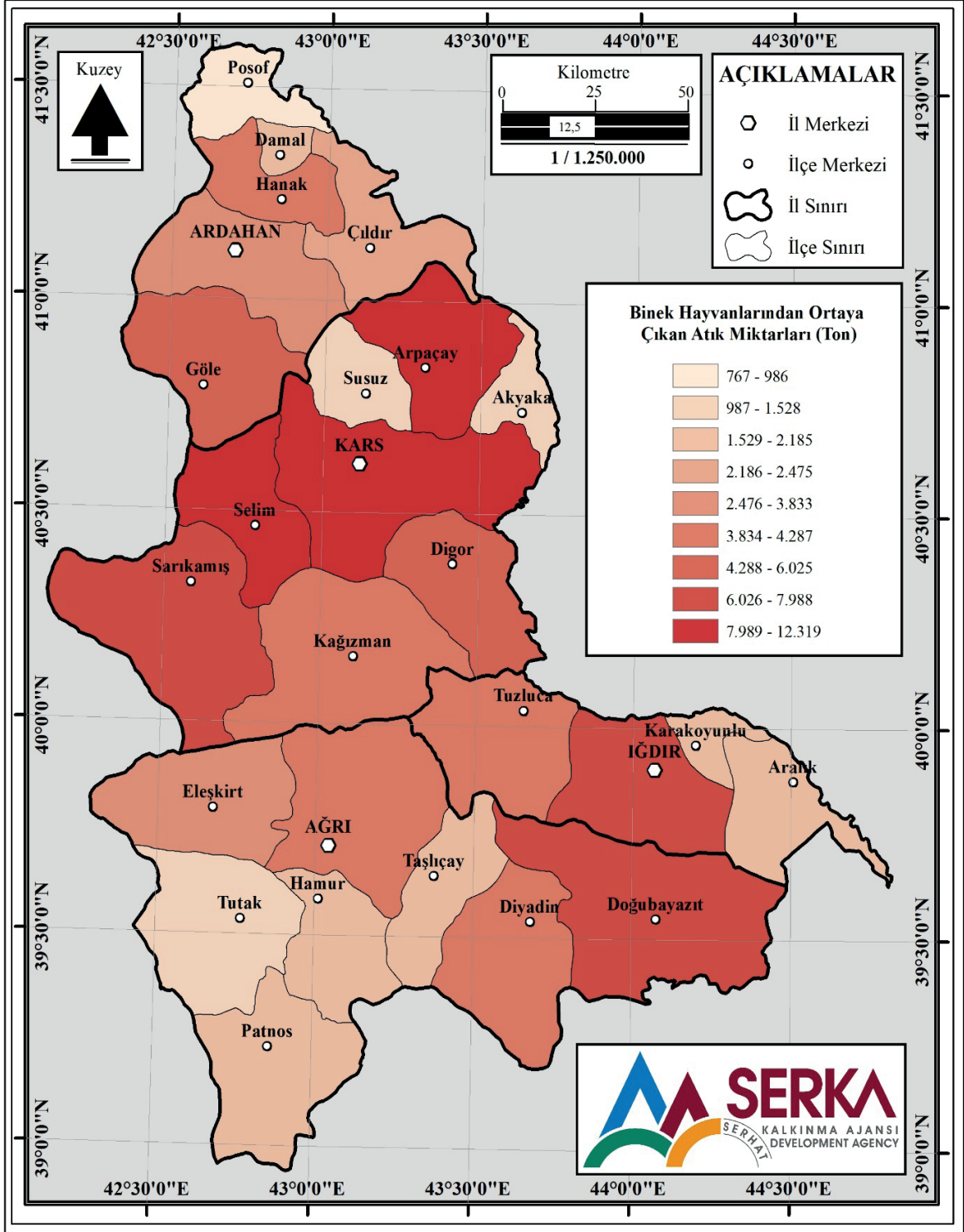
Bölgede küçükbaş hayvanlardan elde edilen atık miktarlarına göre enerji eşdeğeri en fazla olan ilçeler; Iğdır Merkez ilçesi ve Ağrı Doğubayazıt ilçesidir. Bölgenin güneydoğusuna doğru enerji eşdeğeri artmaktadır (Şekil 12).

Şekil 13. TRA2 Bölgesi'nin İllerine ve İlçelerine Göre Binek Hayvan Sayısı (Adet)



TRA2 Bölgesi'nde binek hayvan sayısı en fazla olan ilçeler; Kars Merkez, Arpaçay, Selim, Sarıkamış, Iğdır Merkez ve Doğubayazıt ilçeleridir (Şekil 13).

Şekil 14. TRA2 Bölgesi'nde Binek Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarları (Ton)



Bölgede binek hayvanlarından ortaya çıkan atık miktarı en fazla olan ilçeler; Kars Merkez, Arpaçay, Selim, Sarıkamış, Iğdır Merkez, Doğubayazıt'tır (Şekil 14).

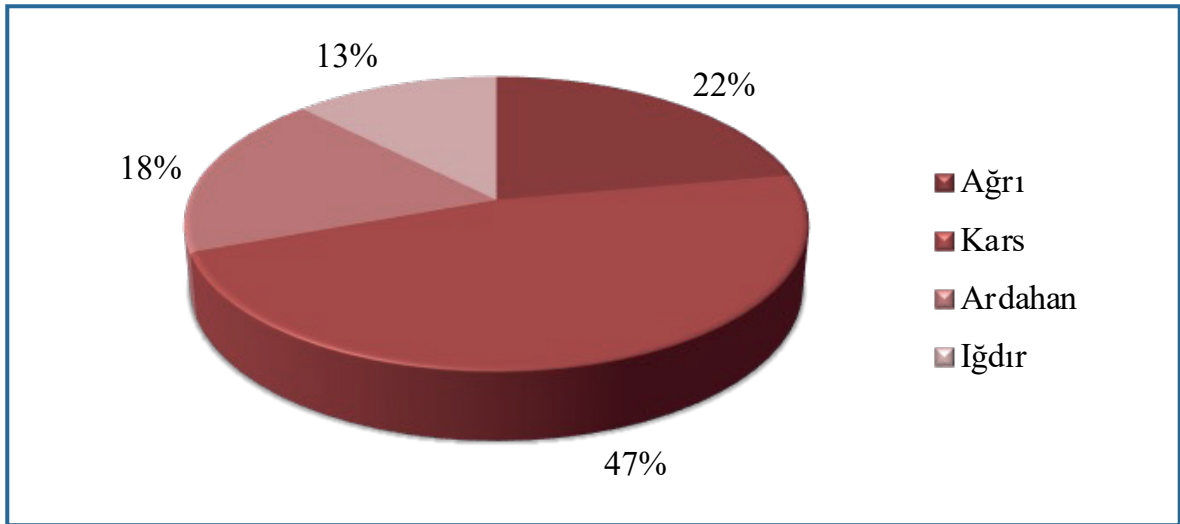
Tablo 15. İllere Göre Binek Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri

	Binek Hayvan Sayısı	Atık Miktarı (Ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Ağrı	6.536	26.842,9	124,3
Kars	10.834	52.330,4	265
Ardahan	3.700	19.422,6	102
Iğdır	4.252	15.971,3	69,8

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

Bölgede illere göre binek hayvan sayısı, binek hayvanlardan elde edilen atık miktarı ve enerji eşdeğerleri en fazla olan il Kars'tır. Daha sonra sırasıyla; Ağrı, Ardahan ve Iğdır illeri gelmektedir. Kars ili bölgede binek hayvan atıklarından ortaya çıkan enerji eşdeğerinin %47'sini, Ağrı ili %22'sini, Ardahan ili %18'ini, Iğdır ili ise %13'ünü oluşturmaktadır.

Şekil 15. TRA2 Bölgesi'nde Binek Hayvanlarından Elde Edilen Enerji Eşdeğerlerinin İllere Göre Dağılışı



Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

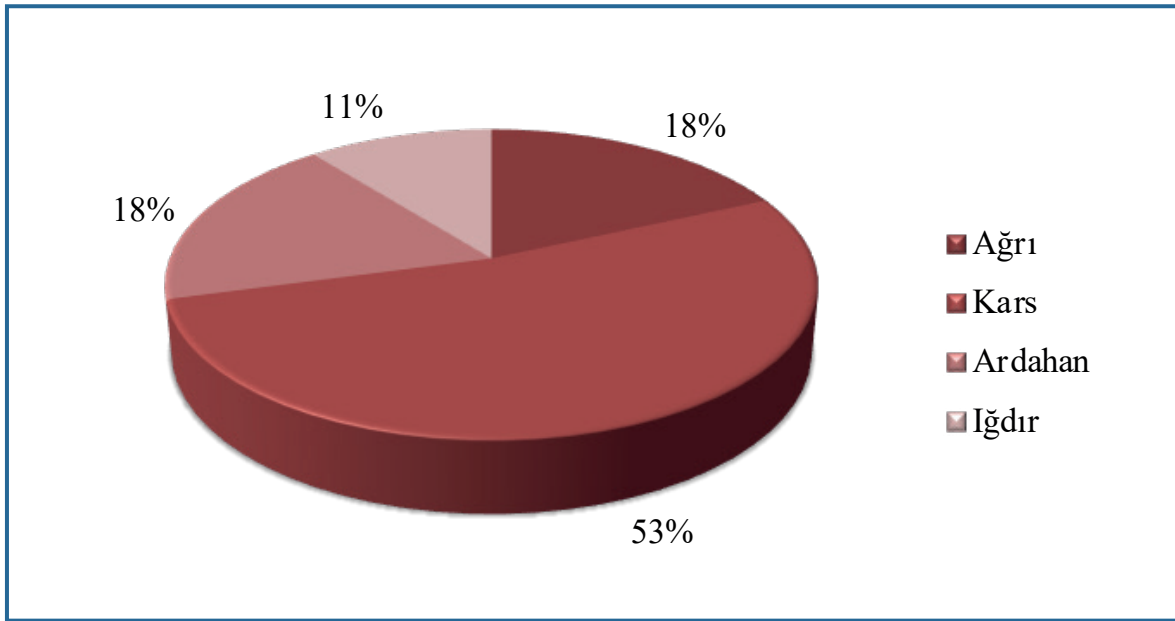
Bölgede kümes hayvan sayısı, atık miktarı ve ortaya çıkan enerji eşdeğerleri en fazla olan il Kars ilidir. Kars ili kümes hayvan atıklarından elde edilebilecek 7.412,2 TEP/yıl enerji eşdeğeri potansiyeline sahiptir. Daha sonra sırasıyla; Ardahan, Ağrı, Iğdır illeri gelmektedir.

Tablo 16. İllere Göre Kümes Hayvan Sayısı, Atık Miktarı ve Enerji Eşdeğerleri

	Kümes Hayvan Sayısı	Atık Miktarı (Ton)	Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Ağrı	205.704	10.295,5	2.574,2
Kars	594.365	29.643,5	7.412,2
Ardahan	205.414	10.379,8	2.595,3
Iğdır	113.820	6.070,5	1.517,7

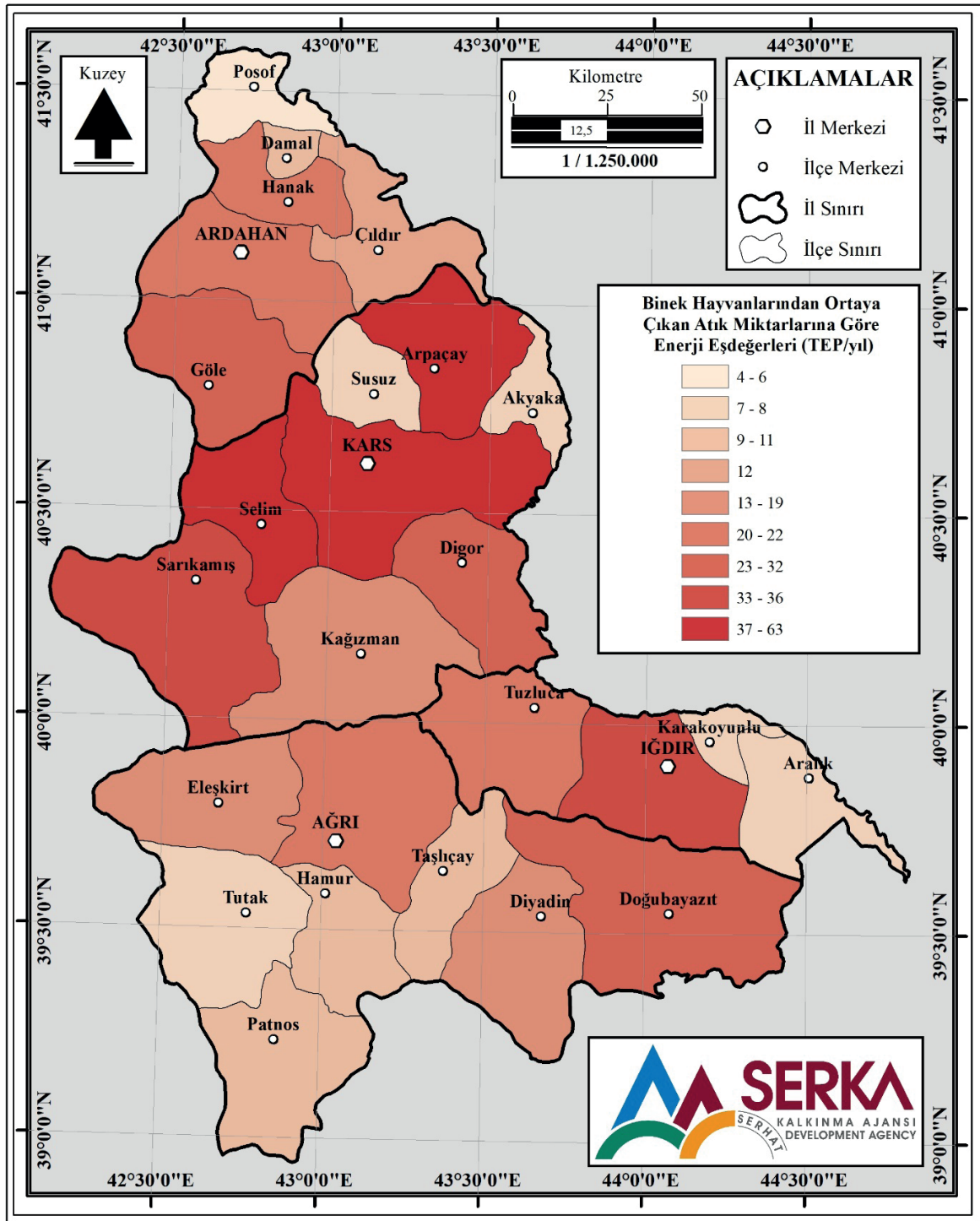
Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

Şekil 16. TRA2 Bölgesi'nde Kümes Hayvanlarından Elde Edilen Enerji Eşdeğerlerinin İllere Göre Dağılışı



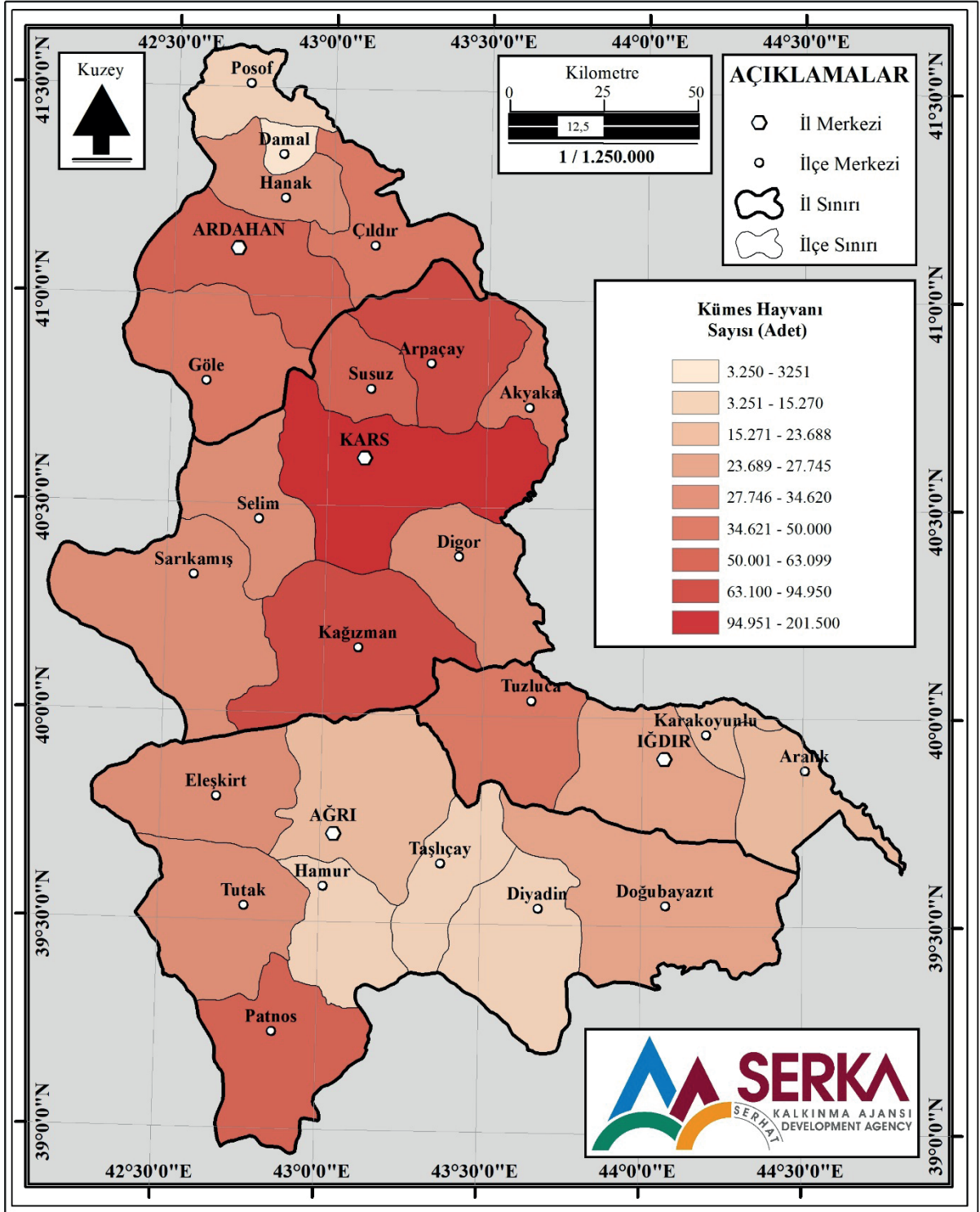
Bölgede kümes hayvanlarından elde edilen toplam enerji eşdeğerinin yarısından fazlasını (%53'ünü) Kars ili oluşturmaktadır.

Şekil 17. TRA2 Bölgesi'nde Binek Hayvanlardan Elde Edilen Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)



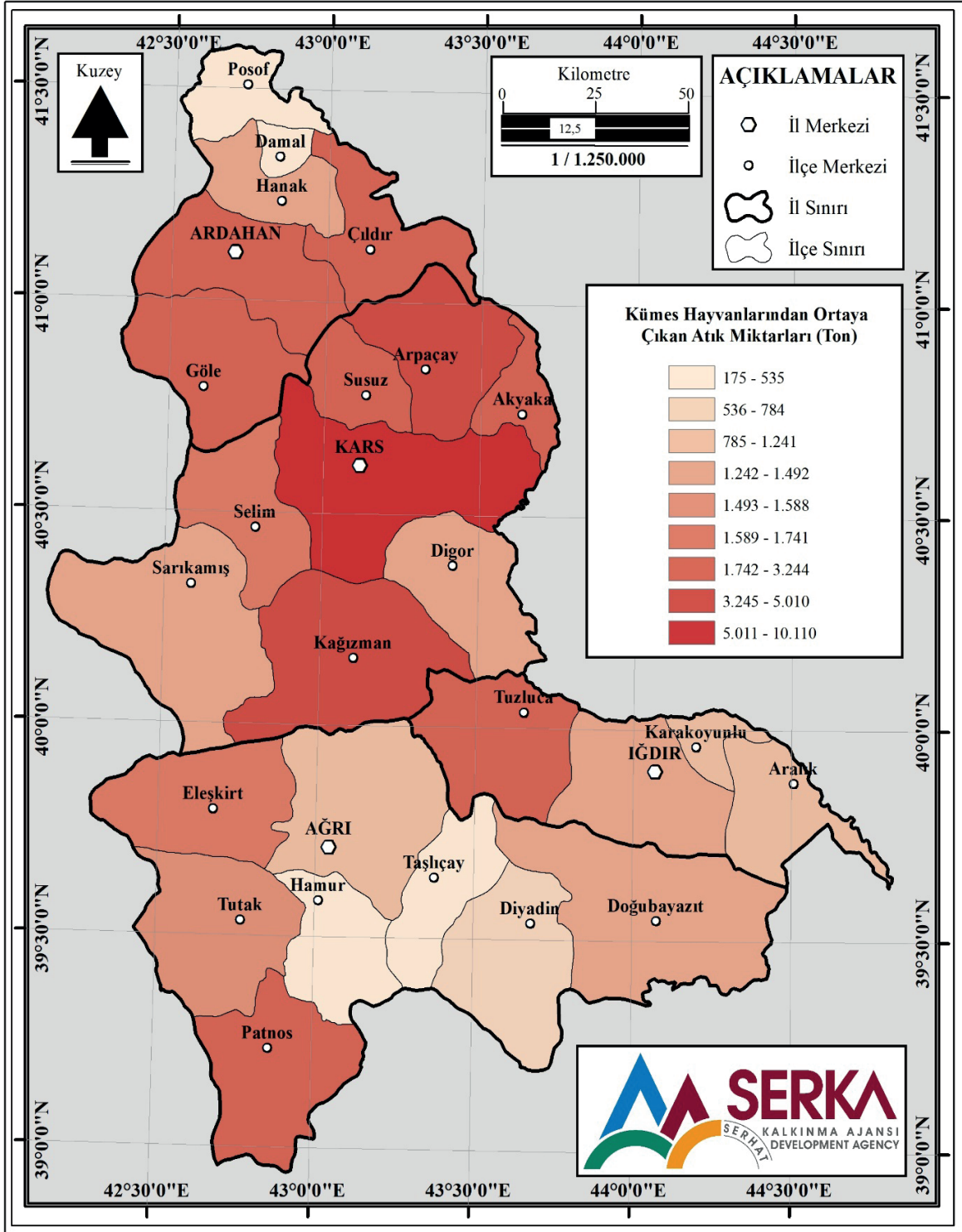
Bölgede binek hayvanlarından elde edilen atık miktarına göre enerji eşdeğeri en fazla olan ilçeler; Kars Merkez, Arpaçay, Selim, Sarıkamış, Iğdır Merkez, Doğubayazıt'tır (Şekil 17).

Şekil 18. TRA2 Bölgesi'nde İllere ve İlçelere Göre Kümes Hayvanlarının Sayısı (Adet)



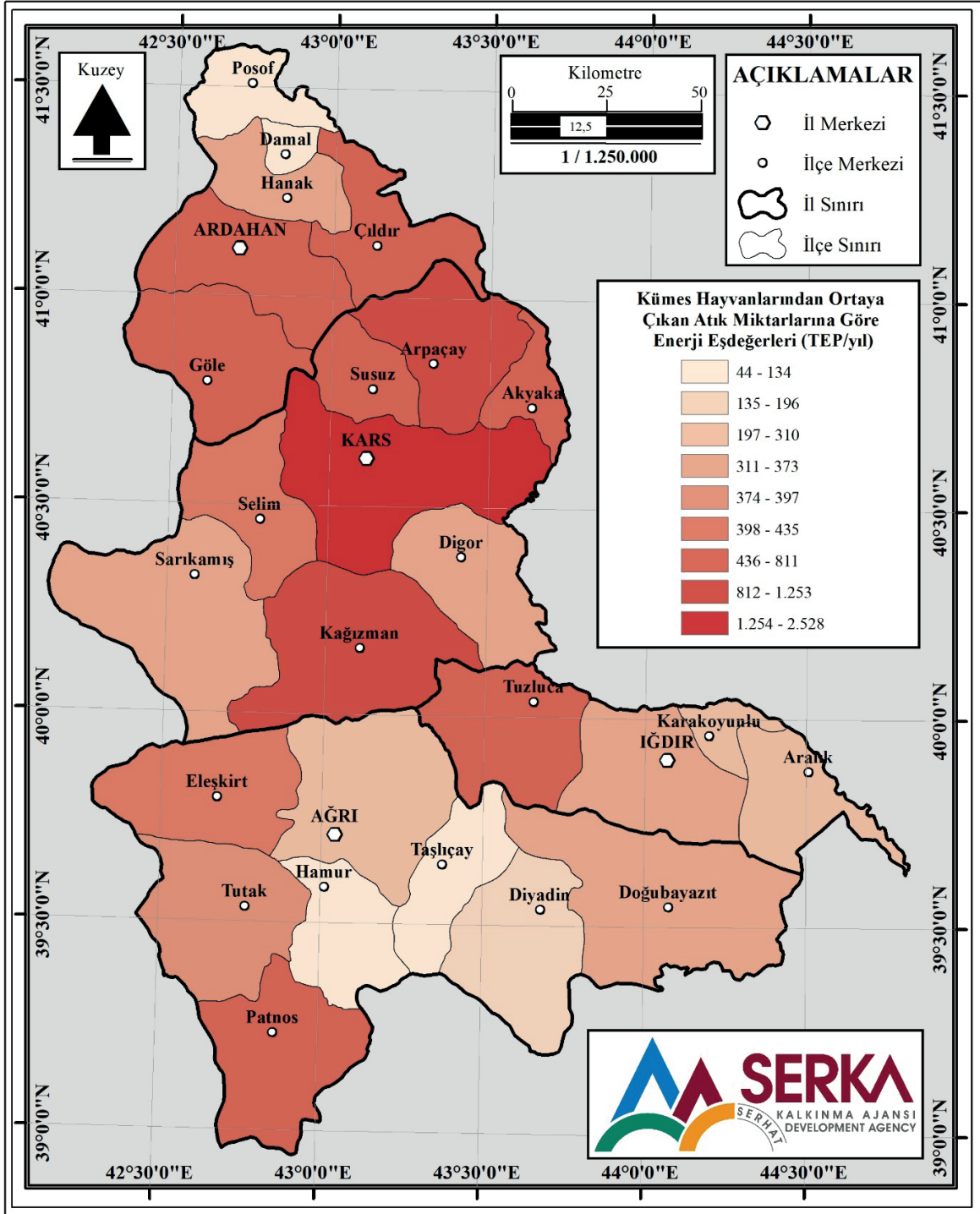
Bölgede kümes hayvan sayısı en fazla olan ilçeler; Kars Merkez, Kağızman, Arpaçay, Ardahan Merkez ve Patnos ilçeleridir (Şekil 18).

Şekil 19. TRA2 Bölgesi'nde Kümes Hayvanlarından Elde Edilen Atık Miktarları (Ton)



Bölgede kümes hayvanlarından elde edilen atık miktarı en fazla olan ilçeler; Kars Merkez, Kağızman, Arpaçay, Ardahan Merkez, Çıldır, Göle, Susuz, Akyaka ilçeleridir (Şekil 19).

Şekil 20. TRA2 Bölgesi'nde Kümes Hayvanlarından Elde Edilen Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)



Bölgede kümes hayvanlarından elde edilen atık miktarına göre enerji eşdeğeri en fazla olan ilçeler; Kars Merkez, Kağızman, Arpaçay, Susuz, Akyaka, Ardaahan Merkez, Çıldır, Göle ilçeleridir (Şekil 20).

Tablo 17. TRA2 Bölgesi'nde İllere Göre Bitkisel Üretim Alanları

	Toplam Ekili Alan (hektar)	Nadas Alanı (hektar)	Yem Bitkileri Alanı (hektar)
Ağrı	239.418	113.788	85.835
Ardahan	41.428	1.371	23.976
Iğdır	73.839	23.397	36.172
Kars	9.858.610	1.967	140.668

Kaynak: TÜİK, 2021.

Ağrı ilinin toplam ekili alanı 239.418 ha, toplam nadas alanı 113.788 ha, yem bitkileri alanı 85.835 ha'dır. Kars ilinin 9.858.610 ha toplam ekili alanı, 1.967 ha nadas alanı, 140.668 ha yem bitkileri alanı bulunmaktadır. Ardahan ilinin 41.428 ha ekili alanı, 1.371 ha nadas alanı, 23.976 ha yem bitkileri alanı, Iğdır ilinin ise 73.839 ha ekili alanı, 23.397 ha nadas alanı, 36.172 ha yem bitkileri alanı vardır. Kars ilinin toplam ekili alanı bölgenin toplam ekili alanının %96'sını oluşturmaktadır.

Tablo 18. TRA2 Bölgesi'nin İllere Göre Ortalama Kuru Biyokütle Miktarları

	Toplam Ekili Alan (ton)	Nadas Alanı (ton)	Yem Bitkileri Alanı (ton)
Ağrı	6.584.003	3.129.156	2.360.460
Ardahan	1.139.256	37.700	659.351
Iğdır	2.030.581	643.407	994.730
Kars	271.111.775	54.084	3.868.362

Kaynak: 2020 yılı TÜİK verilerinden yararlanılarak SERKA tarafından hazırlanmıştır.

Alan miktarlarına göre hesaplanan ortalama kuru biyokütle miktarlarına bakıldığında, Kars ilinin bölgedeki en fazla ekili alandan elde edilen potansiyel kuru biyokütle miktarına sahip olduğu, nadas alanlarındaki potansiyel kuru biyokütle miktarının en fazla olduğu ilin ise Ağrı olduğu ortaya çıkarılmıştır. Nadas alanlarında enerji tarımına yönelik faaliyet gerçekleştirildiğinde bu alanlardan üretilebilecek kuru biyokütle miktarı oldukça yüksek bir potansiyele sahiptir.

Tablo 19. TRA2 Bölgesi'nin İllere Göre Ortalama Kuru Biyokütle Miktarlarının Enerji Eşdeğerleri

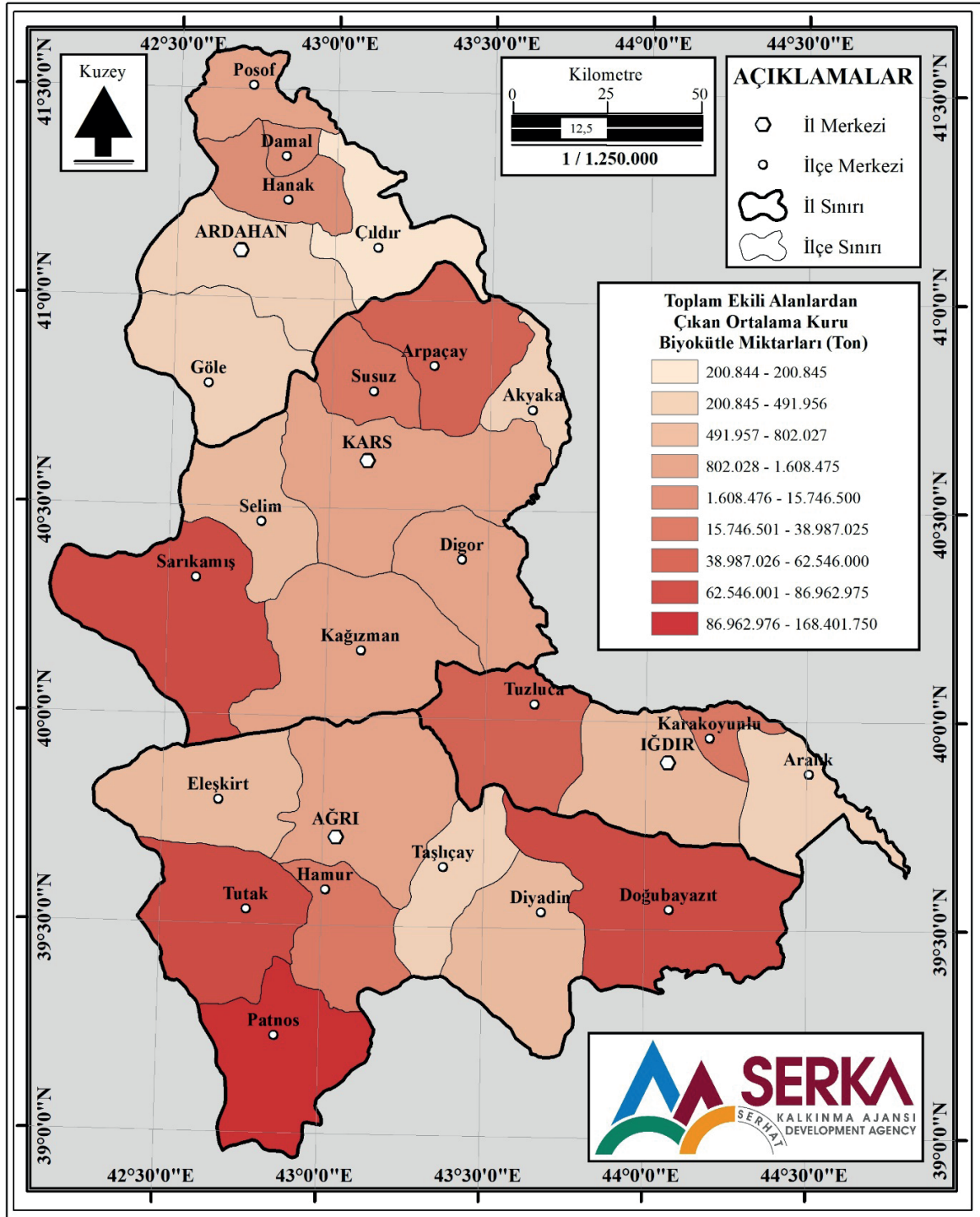
	Toplam Ekili Alan (TEP)	Nadas Alanı (TEP)	Yem Bitkileri Alanı (TEP)
Ağrı	2.666.521	1.267.308	955.986
Ardahan	461.399	15.268	267.037
Iğdır	822.385	260.580	402.866
Kars	109.800.269	21.904	1.566.687

Kaynak: 2020 yılı TÜİK verilerinden yararlanılarak SERKA tarafından hazırlanmıştır.

Kuru biyokütle miktarlarına göre hesaplanan enerji eşdeğerlerinde; ekili alanlardan üretilebilecek toplam enerji eşdeğeri 113.750.574 TEP, nadas alanlarından üretilebilecek toplam enerji eşdeğeri 1.565.060 TEP, yem bitkileri alanlarından üretilebilecek toplam enerji eşdeğeri 3.192.576 TEP'tir. Tüm alanlar değerlendirilecek olduğunda 118.508.210 TEP enerji eşdeğeri ortaya çıkabilme potansiyeline sahiptir.

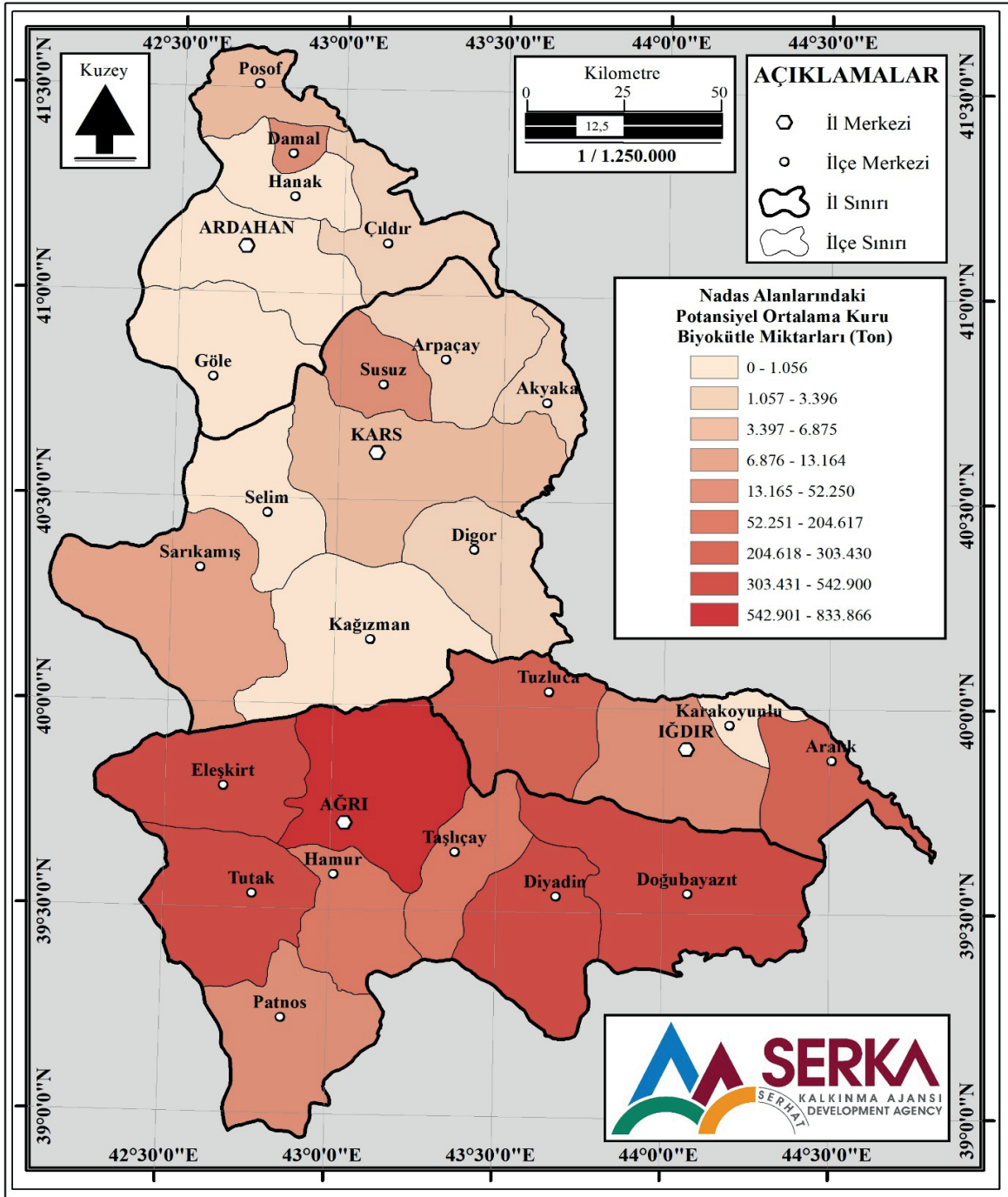


Şekil 21. TRA2 Bölgesi'nde Toplam Ekili Alanlardan Çıkan Ortalama Kuru Biyokütle Miktarları (Ton)



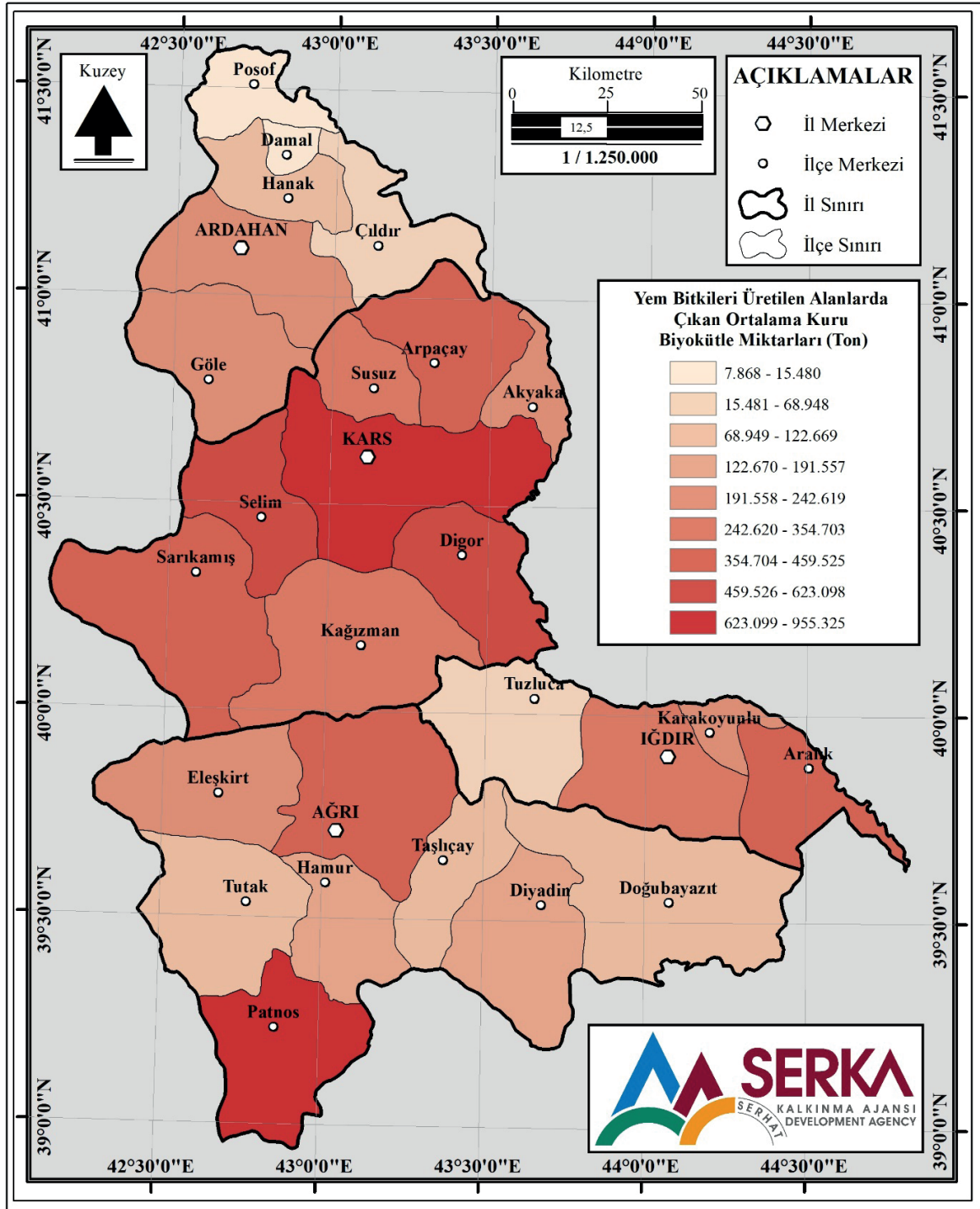
Bölgede toplam ekili alanlardan çıkan ortalama kuru biyokütle miktarlarının ilçelere göre dağılımına bakıldığında, en fazla ortalama kuru biyokütle miktarına sahip ilçeler; Patnos, Sarıkamış, Arpaçay, Doğubayazıt ve Tutak'tır (Şekil 21).

Şekil 22. TRA2 Bölgesi'nde Nadas Alanlarındaki Potansiyel Ortalama Kuru Biyokütle Miktarları (Ton)



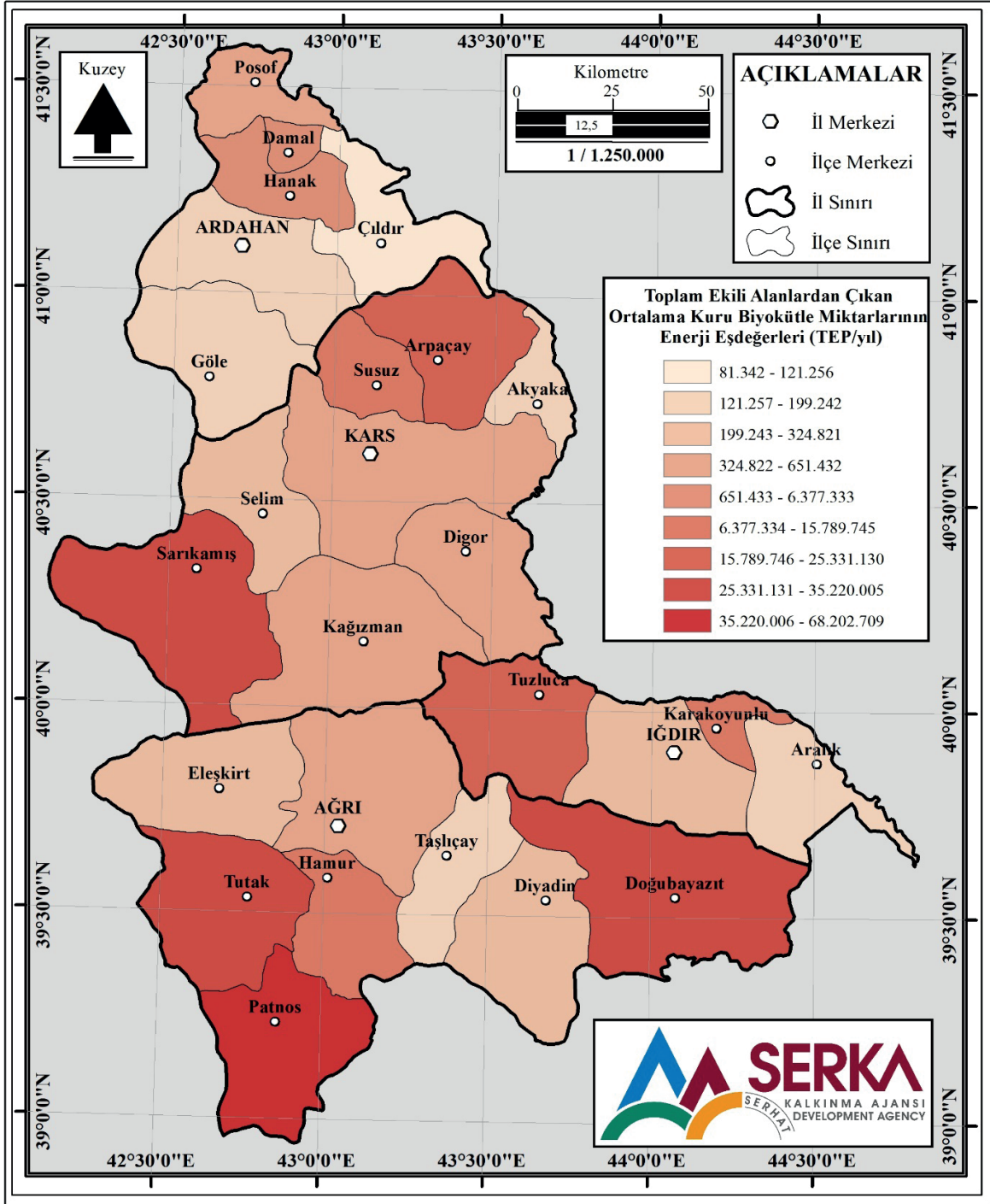
Bölgede nadas alanlardan çıkan ortalama kuru biyokütle miktarlarının ilçelere göre dağılımına bakıldığında, en fazla ortalama kuru biyokütle miktarına sahip ilçeler; Ağrı Merkez, Eleşkirt, Tutak, Diyardin, Doğubayazıt'tır. Bölgenin güneyi, güney batısı ve güneydoğusunda nadas alanlarından çıkan ortalama kuru biyokütle miktarı yoğunluk göstermiştir. (Şekil 22).

Şekil 23. TRA2 Bölgesi'nde Yem Bitkileri Üretilen Alanlarda Ortalama Kuru Biyoküt-
le Miktarları (Ton)



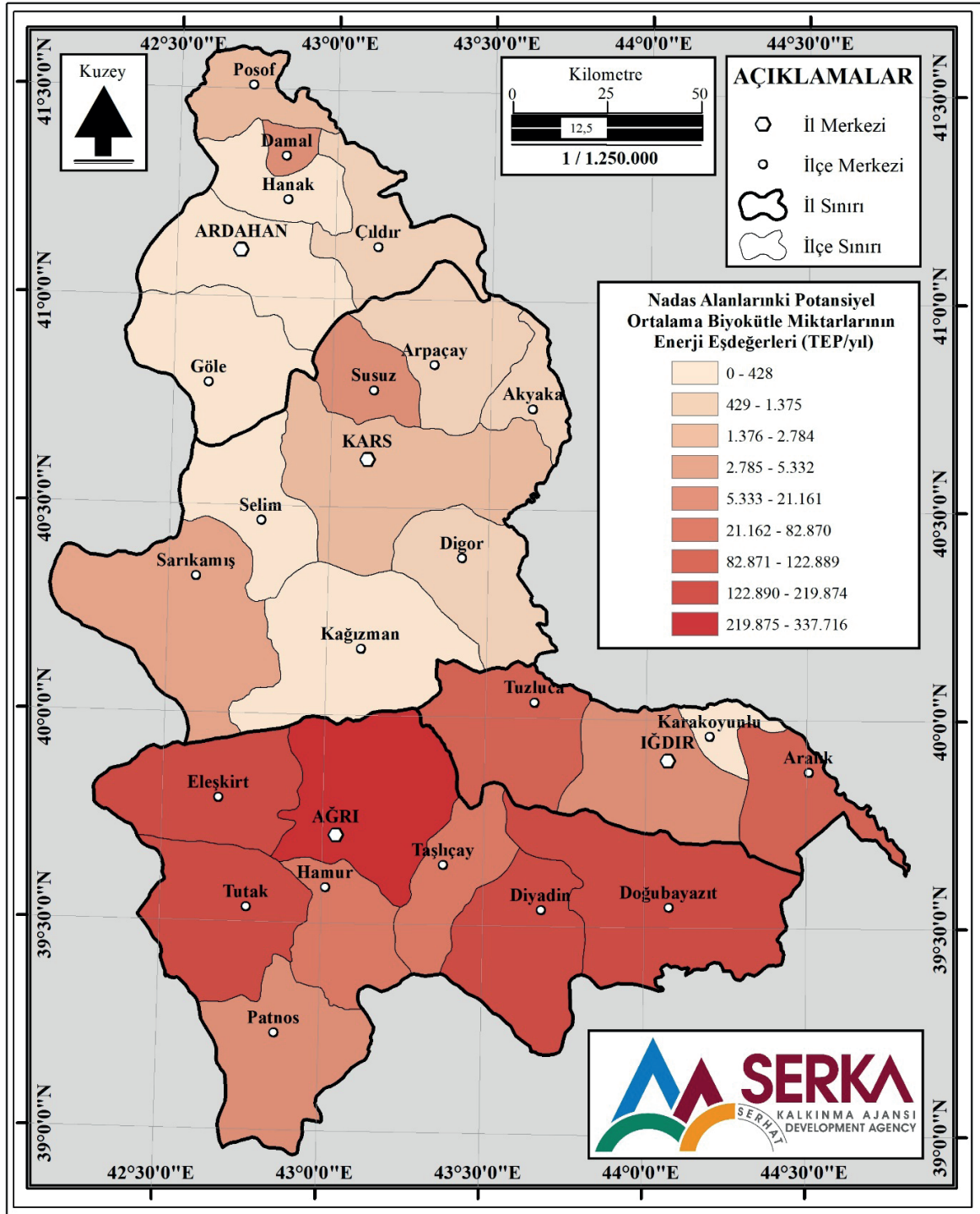
Bölgede yem bitkileri üretilen alanlardan çıkan ortalama kuru biyokütle miktarlarının ilçelere göre dağılımına bakıldığında, en fazla ortalama kuru biyokütle miktarına sahip ilçeler; Kars Merkez, Patnos, Selim ve Digor'dur (Şekil 23).

Şekil 24. TRA2 Bölgesi'nde Toplam Ekili Alanlardan Çıkan Ortalama Kuru Biyokütle Miktarlarının Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)



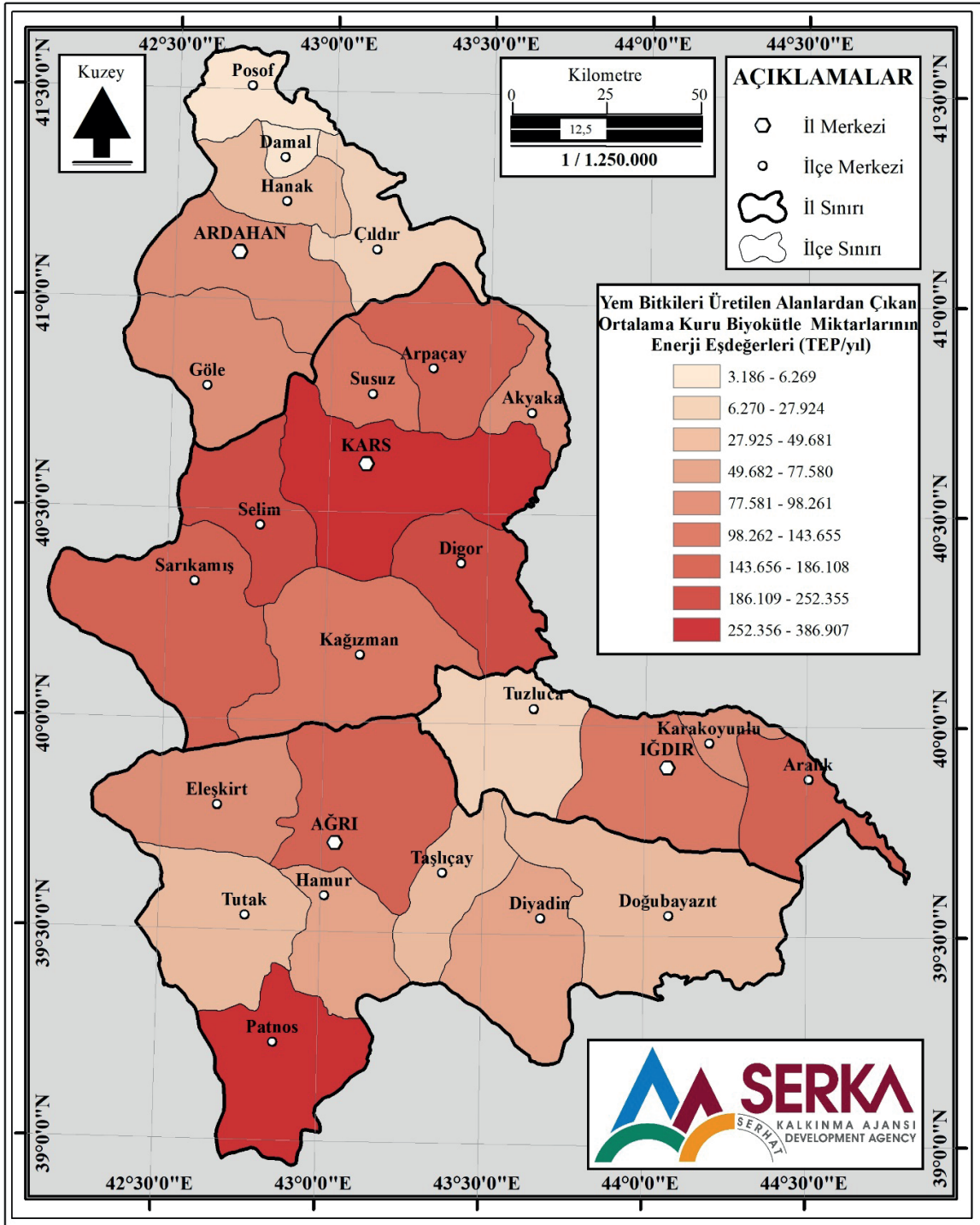
Bölgede toplam ekili alanlardaki ortalama kuru biyokütle miktarlarından çıkan enerji eşdeğerlerinin ilçelere göre dağılımına bakıldığında, en fazla enerji eşdeğerine sahip ilçeler; Sarıkamış, Patnos, Doğubayazıt, Tutak ilçeleridir (Şekil 24).

Şekil 25. TRA2 Bölgesi'nde Nadas Alanlarındaki Potansiyel Ortalama Kuru Biyokütle Miktarlarının Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)



Bölgede nadas alanlardaki ortalama kuru biyokütle miktarlarından çıkan enerji eşdeğerlerinin ilçelere göre dağılımına bakıldığında, en fazla enerji eşdeğerine sahip ilçeler; Ağrı Merkez, Eleşkirt, Tutak, Doğubayazıt ve Diyadin'dir (Şekil 25).

Şekil 26. TRA2 Bölgesi'nde Yem Bitkileri Üretilen Alanlardan Çıkan Ortalama Kuru Biyokütle Miktarlarının Enerji Eşdeğerleri (TEP/yıl)



Bölgede yem bitkileri üretilen alanlarda ortalama kuru biyokütle miktarlarından çıkan enerji eşdeğerlerinin ilçelere göre dağılımına bakıldığında, en fazla enerji eşdeğerine sahip ilçeler; Kars Merkez, Patnos, Selim, Digoz'dur (Şekil 26).

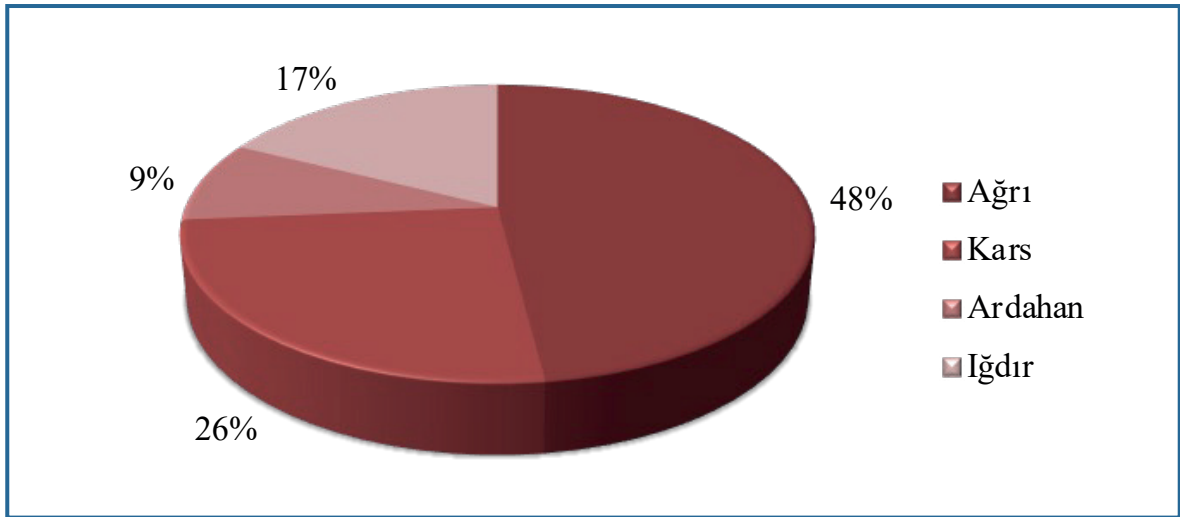
Tablo 20. TRA2 Bölgesi'nde Biyometanizasyon ve Yakmaya Uygun Belediye Atıklarının Miktarı, Atıkların Enerji Eşdeğerleri

İl Adı	Biyometanizasyona Uygun Belediye Atıkları Miktarı (ton/yıl)	Yakmaya Uygun Belediye Atıkları Miktarı (ton/yıl)	Biyometanizasyona Uygun Belediye Atıkları Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	Yakmaya Uygun Belediye Atıkları Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)
Ağrı	70.911	86.669	2.287	12.136
Kars	37.959	46.394	1.224	6.496
Ardahan	12.997	15.885	419	2.224
Iğdır	25.946	31.711	837	4.440

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

Biyokimyasal reaksiyonlarla organik atıkların biyogaz ve fermente ürüne dönüşme sürecine biyometanizasyon denilmektedir. Bölgede biyometanizasyon ve yakmaya uygun toplam belediye atıklarından elde edilecek potansiyel enerji eşdeğeri 30.063 TEP/yıldır. İllere göre dağılıma bakıldığında, biyometanizasyona ve yakmaya uygun belediye atıklarından elde edilen enerji eşdeğeri en fazla olan il; Ağrı'dır.

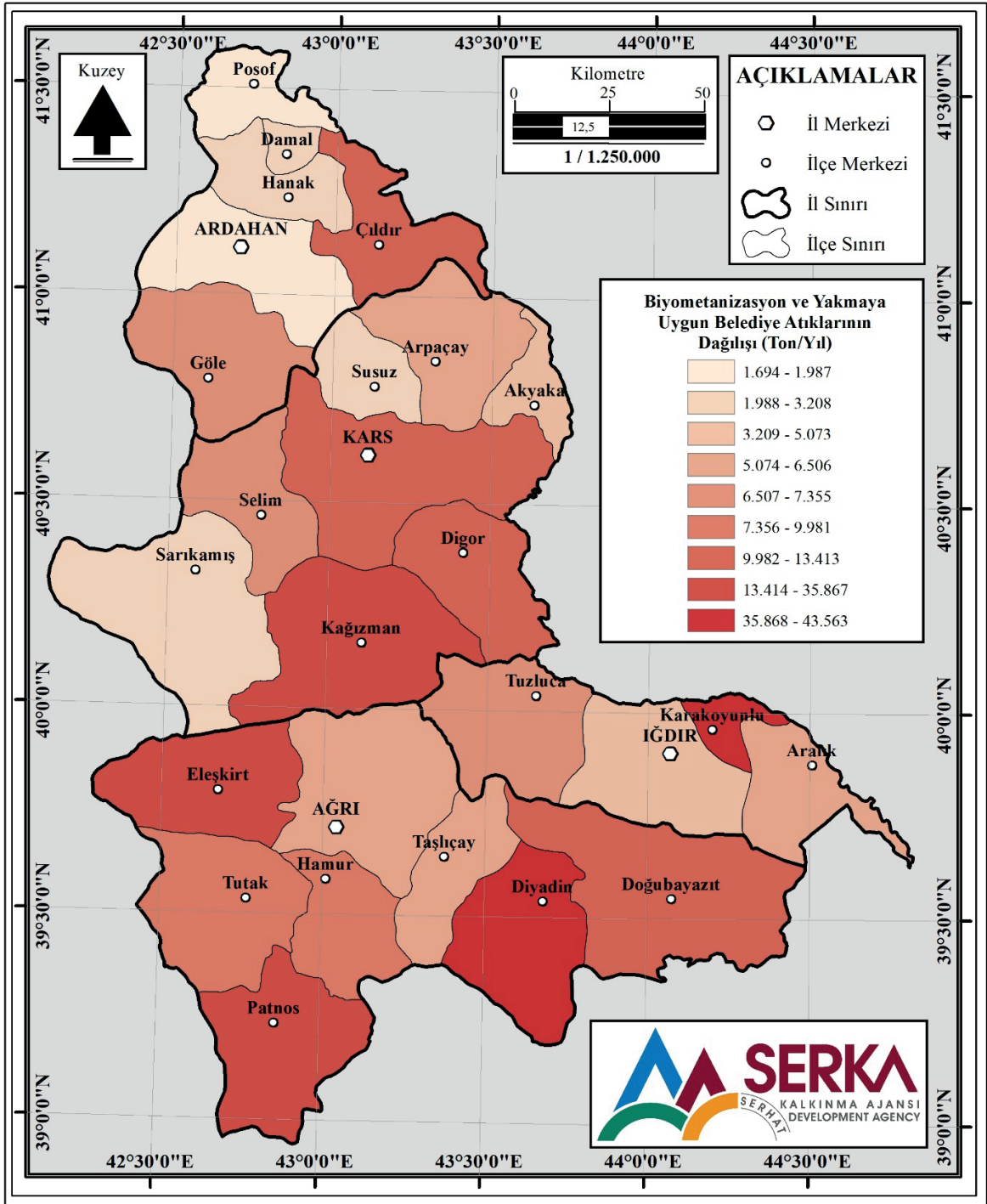
Şekil 27. TRA2 Bölgesi'nde Biyometanizasyon ve Yakmaya Uygun Belediye Atıklarının Enerji Eşdeğerlerinin İllere Göre Dağılışı



Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı- BEPA, 2021.

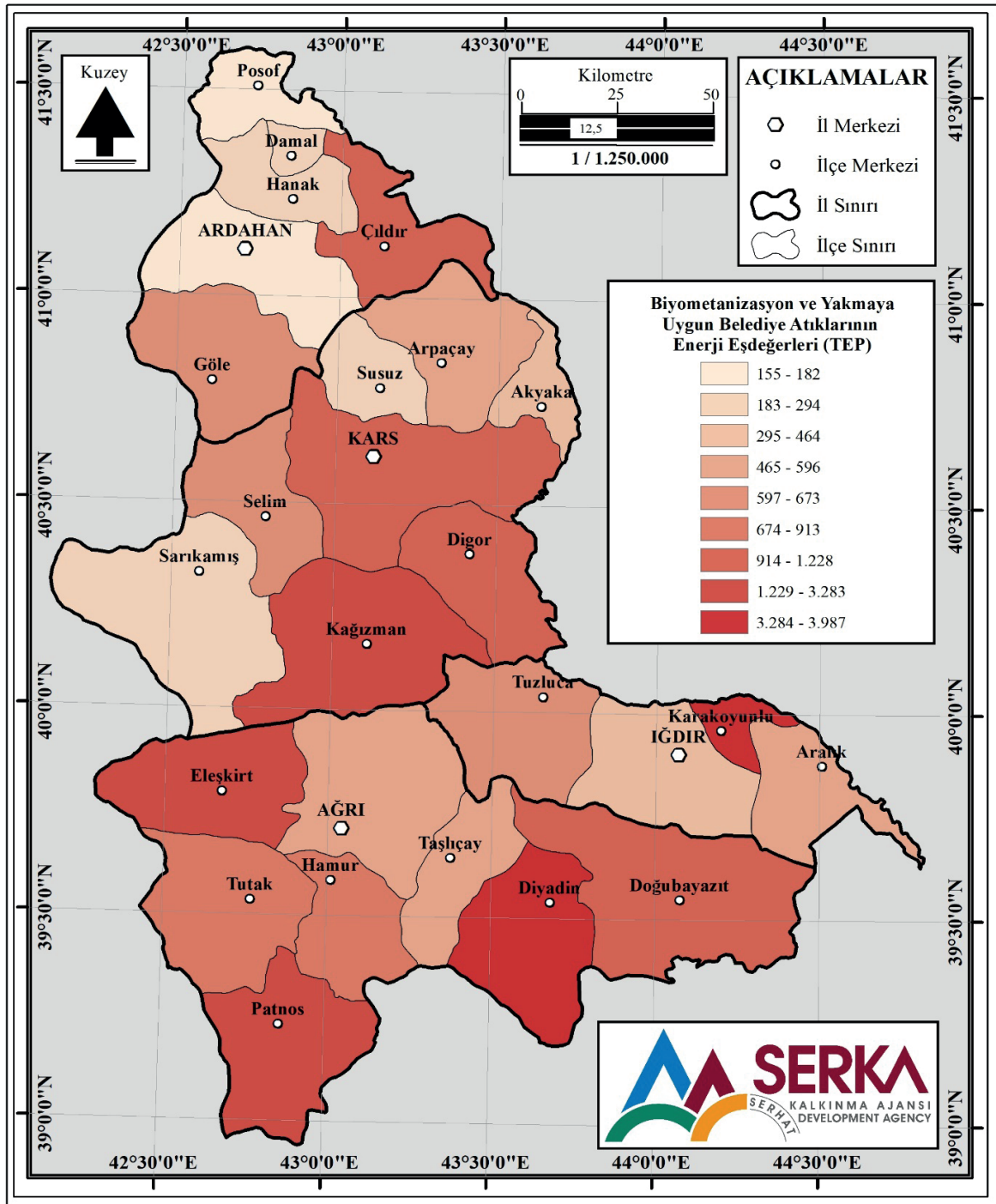
Ağrı ili belediye atıklarından elde edilen toplam enerji eşdeğerinin neredeyse yarısını (%48'ini) oluşturmaktadır. Kars ili %26, Ardahan %9 ve Iğdır ili ise bölgenin toplam enerji eşdeğerinin %17'sini teşkil etmektedir.

Şekil 28. TRA2 Bölgesi'nde Biyometanizasyon ve Yakmaya Uygun Belediye Atıklarının Dağılışı (Ton/yıl)



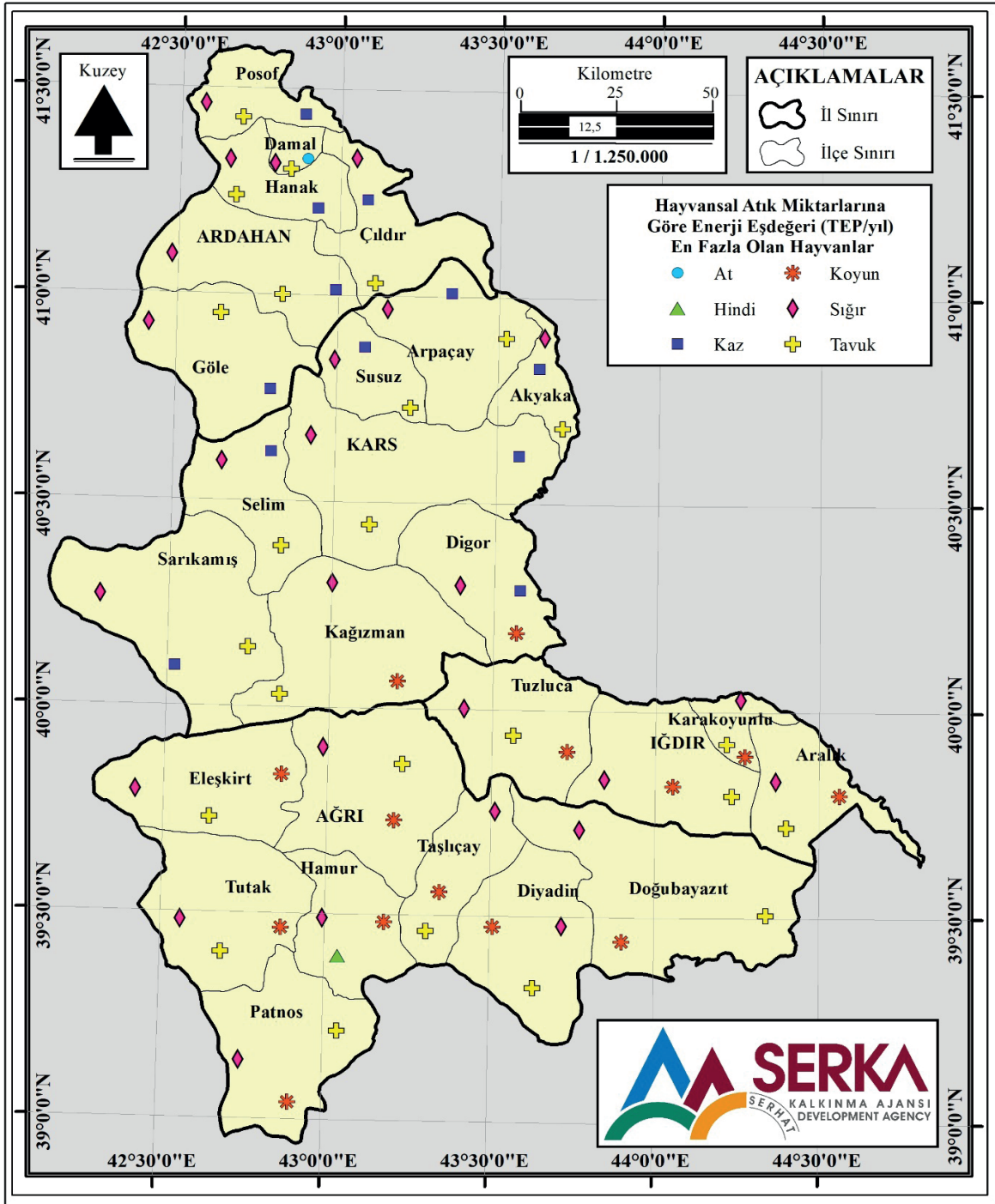
Bölgedeki biyometanizasyon ve yakmaya uygun belediye atıklarının ilçelere göre dağılımına bakıldığında en fazla belediye atıkları; Diyadin, Karakoyunlu, Kağızman, Eleşkirt, Patnos ilçelerinde görülmektedir (Şekil 28).

Şekil 29. TRA2 Bölgesi'nde Biyometanizasyon ve Yakmaya Uygun Belediye Atıklarının Enerji Eşdeğerleri (TEP)



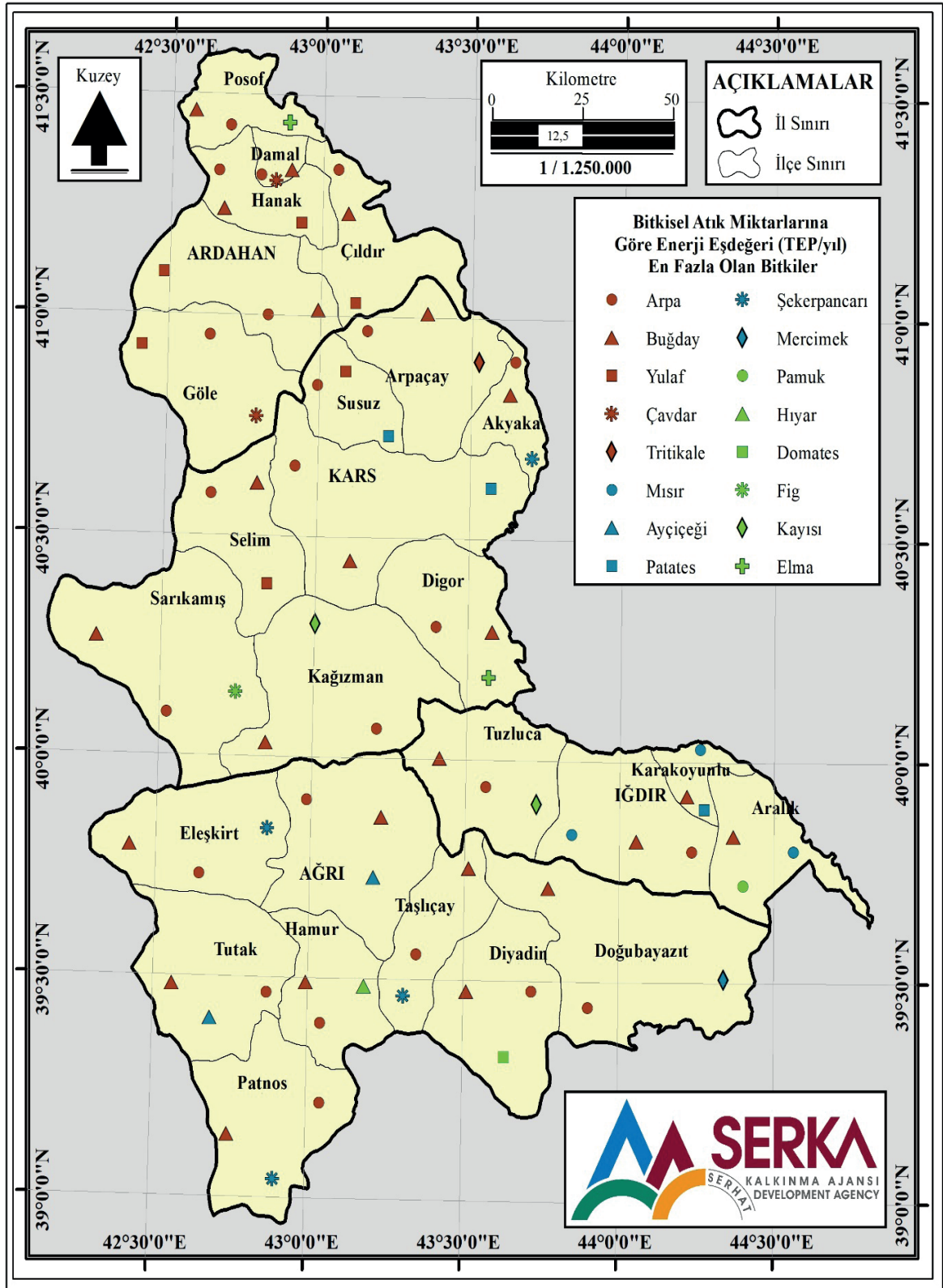
Bölgedeki biyometanizasyon ve yakmaya uygun belediye atıklarının enerji eşdeğerlerinin ilçelere göre dağılımına bakıldığında en fazla enerji eşdeğeri; Diyadin, Karakoyunlu, Patnos, Eleşkirt, Kağızman ve Çıldır ilçelerinde görülmektedir (Şekil 29).

Şekil 30. TRA2 Bölgesi'nde Hayvansal Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl) En Fazla Olan Hayvanlar



Bölgede hayvansal atık miktarlarına göre enerji eşdeğeri (tep/yıl) en fazla olan hayvanlar ilçelere göre değişiklik göstermektedir (Şekil 30).

Şekil 31. TRA2 Bölgesi'nde Bitkisel Atık Miktarlarına Göre Enerji Eşdeğeri (TEP/yl) En Fazla Olan Bitkiler



- Damal ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, tavuk ve at, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve çavdardır.
- Hanak ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, tavuk ve kaz, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve yulaftır.
- Çıldır ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, tavuk ve kaz, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve yulaftır.
- Ardahan Merkez ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, tavuk ve kaz, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve yulaftır.
- Göle ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, tavuk ve kaz, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve çavdardır.
- Susuz ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, tavuk ve kaz, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, yulaf ve patatestir.
- Arpaçay ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, tavuk ve kaz, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve çavdardır.
- Akyaka ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, tavuk ve kaz, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve şekerpancarıdır.
- Kars Merkez ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, tavuk ve kaz, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday arpa ve patatestir.
- Selim ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, tavuk ve kaz, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve yulaftır.
- Sarıkamış ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, tavuk ve kaz, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve fiğdir.
- Kağızman ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, tavuk ve koyun, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve kayısıdır.
- Digor ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, koyun ve kaz, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve elmadır.
- Ağrı Merkez ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, koyun ve tavuk, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve ayçiçeğidir.
- Eleşkirt ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, koyun ve tavuk, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve şekerpancarıdır.
- Tutak ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, koyun ve tavuk, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve ayçiçeğidir.
- Hamur ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, koyun ve hindi, ener-

ji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve hıyardır.

- Taşlıçay ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, koyun ve tavuk, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve şekerpancarıdır.
- Patnos ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, koyun ve tavuk, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve şekerpancarıdır.
- Diyadin ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, koyun ve tavuk, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve domatestir.
- Doğubayazıt ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, koyun ve tavuk, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve mercimektir.
- Iğdır Merkez ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, koyun ve tavuk, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve mısırdır.
- Tuzluca ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, koyun ve tavuk, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, arpa ve kayısıdır.
- Karakoyunlu ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, koyun ve tavuk, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, mısır ve patatestir.
- Aralık ilçesinde enerji eşdeğeri en fazla olan hayvanlar sığır, koyun ve tavuk, enerji eşdeğeri en fazla olan bitkiler ise buğday, pamuk ve mısırdır.

Tablo 21. TRA2 Bölgesi'nin yıllık Elektrik Tüketimi MWh, 2020

Elektrik Tüketimi (MWh) (2020)	Ardahan	Ağrı	Iğdır	Kars
Resmi Daire	19.458	73.470	32.708	45.107
Sanayi İşletmesi	1.770	95.194	11.224	59.928
Ticarethane	44.421	67.082	47.545	70.394
Mesken	47.236	213.977	89.735	118.465
Tarımsal Sulama	6	629	992	387
Şantiye	0	0	0	0
Sokak Aydınlatma	13.706	33.330	17.721	19.088
Diğer	5.717	12.536	6.674	11.292
Toplam	132.314	496.218	206.599	324.661

Kaynak: TÜİK Enerji İstatistikleri, 2021.

TRA2 Bölgesi'nin yıllık elektrik tüketimi toplam 1.159.792 MWh'dir. Bölgede en fazla elektrik tüketilen il Ağrı'dır. Daha sonra sırasıyla Kars, Iğdır, Ardahan illeri gelmektedir. Ağrı ilinin yıllık toplam elektrik tüketimi 496.218 Mwh, Ardahan ilinin 132.314 MWh, Iğdır ilinin 206.599 MWh, Kars ilinin 324.661 MWh'dir.

Tablo 22. TRA2 Bölgesi'nin Kişi Başına Toplam Elektrik Tüketimi kWh, 2020

Kişi Başına Toplam Elektrik Tüketimi (kWh)	Ardahan	Ağrı	Iğdır	Kars
Sanayi İşletmesi	18	178	56	210
Mesken	491	400	446	416
Toplam	509	578	502	626

Kaynak: TÜİK Enerji İstatistikleri, 2021.

İllere göre toplam kişi başına düşen elektrik tüketimi Ardahan ilinde 509 Kwh, Ağrı ilinde 578 Kwh, Iğdır ilinde 502 Kwh, Kars ilinde ise 626 kWh'dir. Bölgede kişi başı elektrik tüketimi en fazla Kars ilinde gerçekleşmektedir.

TRA2 Bölgesi'nde üretilebilecek biyokütle enerjisinin toplam tüketilen elektrik miktarının yüzde kaçına denk geldiğini belirlemek için;

$$1000 \text{ kWh} = 1 \text{ MWh}$$

$$1 \text{ TEP} = 11.600 \text{ kWh eşitliklerinden yararlanılmıştır.}$$

Büyükbaş hayvancılıktan elde edilebilecek 58.599,7 TEP biyokütle enerji eşdeğeri bulunmaktadır. Büyükbaş hayvancılıktan elde edilen enerji eşdeğeri 1.159.792 MWh'a karşılık gelmektedir. Toplam üretilen elektrik enerjisi 679.756,52 MWh olduğuna göre, büyükbaş hayvancılıktan elde edilen elektrik üretimi toplam elektrik üretiminin %58,6'sını karşılamaktadır. Sadece büyükbaş hayvan atıklarından kurulacak santralden elde edilecek elektrik bölgenin elektrik ihtiyacının yarısının karşılayacaktır.



SONUÇ

Günümüzde en önemli sorunlardan biri çevre sorunudur. Çevre sorunları öncelikle ortaya çıkardığı hastalıklar olmak üzere beraberinde birçok sorunu da getirmektedir. Küresel iklim değişikliklerinin önlenmesi için dünyada kullanılan enerji türlerinin değişmesi gerekmektedir. Kullanılan enerji kaynaklarının çevreye yaptığı olumsuz etkiyi azaltmak için alternatif enerji kaynaklarına yönelmek gerekmektedir. Günümüzde bu enerji kaynaklarına duyarlılık artmıştır, sonuç olarak bu enerji kaynaklarının üretildiği santraller de artmıştır.

Biyokütle enerjisi, başta tarımsal atıklar olmak üzere tüm organik atıklarla üretilen enerji çeşididir ve sürdürülebilir çevre için önemli bir geri dönüşüm faaliyetidir. Aynı zamanda enerji tarımı gibi kaynak üretimi için de faaliyetler oluşturmaktadır. Bu enerji, kullanılmayan veya nadasa bırakılan tarım alanlarının değerlendirilmesini sağladığı gibi ekonomik faaliyet sahası da oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın genel amacı, bölgenin ekonomisine katkı sağlamak, enerji ihtiyacını karşılamak, geri dönüşüm sağlayarak çevreyi korumak ve sürdürülebilir enerji kaynağı oluşturmaktır. Bu çalışmada, Bölgede hayvancılıktan ve bitkisel üretimden ortaya çıkan atıklardan elde edilebilecek enerji hesaplanmış ve biyokütle enerjisinin bölgedeki dağılımının nasıl olduğu haritalar üzerinden gösterilmiştir. Belediye atıklarının BEPA içerisindeki verileri kullanılarak değerlendirilmiş, ancak belediyelerden organik kentsel atıklar üzerine bilgi edinilememiştir. Özellikle Kars ilinde ortaya çıkan peynir altı sularının biyokütle enerji üretiminde kullanımı sonucunda, önemli değerlerde üretim gerçekleştirilebileceği tahmin edilmektedir. Ancak peynir altı sularının miktarı konusunda herhangi bir veriye ulaşılamamıştır. Aynı şekilde tüm illerde yer alan kesimhanelerden çıkan atıklardan elde edilebilecek biyokütle enerjisi de miktar konusunda sayısal veriye ulaşamadığı için belirlenememiştir.

Çalışma il ve ilçe bazında değerlendirilmiştir. Buna göre en fazla biyokütle enerjisine sahip olan il ve ilçeler; büyükbaş hayvanlardan elde edilen atık miktarına göre Kars ili Merkez ilçesi, küçükbaş hayvanlardan elde edilen atık miktarına göre Iğdır ili Merkez ilçesidir. Binek hayvanlardan elde edilen atık miktarına göre Kars ili Merkez, Selim, Arpaçay ilçeleri; kümes hayvanlarından elde edilen atık miktarına göre ise Kars ili Merkez, Kağızman ve Arpaçay ilçelerinde en fazla biyokütle enerjisi üretilmektedir. Toplam ekili alanlardaki ortalama kuru biyokütle miktarına göre en fazla enerji üretiminin Kars ili Sarıkamış ilçesinde, nadas alanlarında kullanıma açıldığı takdirde Ağrı ili Merkez ilçesinde, yem bitkileri üretilen alanlardan ortaya çıkan kuru atık miktarına göre ise en fazla enerji üretiminin Kars ili Merkez ilçesinde gerçekleştirilebileceği sonucu çıkarılmıştır. Kentsel atıkların miktarına sayısal olarak Belediyelerden ulaşamadığı için BEPA verileri kullanılarak biyometanizasyon ve yakılmaya uygun belediye atıkları sayısallaştırılmış ve kentsel atıklardan en fazla enerji üretiminin Ağrı ilinin Diyadin ilçesinde gerçekleşeceği belirlenmiştir.

Bölgedeki yıllık toplam elektrik tüketimi 1.159.792 Mwh'dir. Sadece büyükbaş hayvanlardan elde edilen atık miktarına göre elde edilebilecek biyokütle enerjisi toplam elektrik tüketiminin %58,6'sını karşılamaktadır. Biyokütle enerji eşdeğerinin bölgedeki dağılışına göre Kars ilinin Merkez ilçesinde tüm illerden alınan kaynaklarla yapılacak biyokütle ya da biyogaz enerji santrali, bölgedeki enerji tüketiminin çoğuna karşılık verecektir.

KAYNAKÇA

- Altıkat, S., Çelik, A. (2012). "İğdır İlinin Hayvansal Atık Kaynaklı Biyogaz Potansiyeli", İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(1), 61-66.
- Aslantaş, A. (2008). Dünyada ve Türkiye’de Biyokütle Enerjisinin Kullanımı ve Potansiyeli, KTO Karatay Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Çağlayan, G. H., (2020). "Doğu Anadolu Bölgesindeki Büyükbaş ve Küçükbaş Hayvan Atıklarının Biyogaz Potansiyelinin İncelenmesi", Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7(3), 672-681.
- Erhan, M. (2019). "Ağrı İli Büyükbaş Hayvan Varlığı ve Hayvansal Atıklardan Biyogaz ve Elektrik Üretiminin Ağrı İli ve Ülke Ekonomisine Katkısı", Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 5/2, 207-216.
- Gizlenci, Ş. ve Acar, M. (2008) "Enerji Bitkileri Tarımı ve Biyoyakıtlar (Biyomotorin, Biyoetanol, Biyomas)", T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Karadeniz Tarımsal Araştırmaları Genel Müdürlüğü Enerji Bitkileri ve Biyoyakıtlar Sektörel Rapor, S.15.
- International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook, S.38.
- Kapluhan, E. (2014). "Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu", Marmara Coğrafya Dergisi, S.30, 97-125.
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., Kurt, R. (2011). "Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi", Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 13/19, 63-75.
- Koçar, G., Eryaşar, A., Ersöz, Ö., Arıcı, Ş., Durmuş, A. (2010). Biyogaz Teknolojileri. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Kuş, E., Yıldırım, Y., Çokgez Kuş, A., Demir, B. (2016). "İğdır İli Tarımsal Biyokütle ve Enerji Eşdeğeri", İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(1), 65-73.
- Şenol, H., Elibol, E. A., Açıkkel, Ü., Şenol, M. (2017). "Türkiye’de Biyogaz Üretimi İçin Başlıca Biyokütle Kaynakları", BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 6(2), 81-92.
- Uras, T. (2021). "Dünyada Biyogaz ve Türkiye Açısından Önemi", Mühendis ve Mimmar Kadınlar Derneği Yayınları, S.5.
- Polat, M. (2020). Türkiye’nin Tarımsal Atık Biyokütle Enerji. Toprak Su Dergisi, 19-24.
- T.C. Serhat Kalkınma Ajansı. (2020). Ardahan İli Biyogaz Tesisi Ön Fizibilite Raporu.

T.C. Serhat Kalkınma Ajansı. (2014) TRA2 (Ağrı, Ardahan, Iğdır ve Kars) 2014-2023 Bölge Planı.

Yeşil, M. A. (2015). “TRA2 Bölgesi Yeşil Enerji Kaynakları Sektör Raporu”, T.C. Serhat Kalkınma Ajansı.

İnternet Kaynakları

Çokadar, C., Yıldırım, N. G. (2008). “Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Bitkiler”, Sakarya Ticaret Borsası Araştırma Dosyaları. <https://www.stb.org.tr/dosyalar/arastirmalar/enerji-bitkileri.pdf>

Yılmaz, Ş. (2018). “Dünyada ve Türkiye’de Birincil Enerji Arzı”, Türkiye’nin Enerji Görünümü, https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/teg-2020-1_birincil%20enerji_%c5%9eayende%20y%c4%b1lmaz.pdf

PwC. (2021). Biyokütle ve Biyoenerji Sektörlerine Genel Bakış. 11 12, 2021 tarihinde PwC Türkiye: https://www.pwc.com.tr/tr/sectorler/enerji-altyapi_madencilik/yayinlar/biyo-kutle-ve-biyoenerji-sektorlerine-genel-bakis.html adresinden alındı.

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (2021). www.epdk.gov.tr

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2021). Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası, <https://bepa.enerji.gov.tr/>

TÜİK. (2020). Bölgesel İstatistikler. 5 15, 2021 tarihinde Türkiye İstatistik Kurumu: <https://biruni.tuik.gov.tr/bolgeselistatistik/degiskenlerUzerindenSorgula.do> adresinden alındı.

World Energy Council Turkey. (2021). Statistical Review of World Energy. 5 30, 2022 tarihinde BP Türkiye: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf> adresinden alındı



Aralık 2022

T.C. SERHAT KALKINMA AJANSI

Ortakapı Mah. Atatürk Cad. No: 69 KARS - TÜRKİYE

Tel: +90 474 212 52 00 **Fax:** +90 474 212 52 04

e-mail: info@serka.gov.tr **Web:** www.serka.gov.tr

ISBN: 978-605-70780-2-5

Kalkınma Ajansı Yayınları bedelsizdir, satılamaz.