

KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/kmujens>

4(2), 135-160, (2022) © KMUJENS

e-ISSN: 2687-5071

<https://doi.org/10.55213/kmujens.1210736>



**Endüstriyel Bir Bölgede Geçmiş Elektrik Enerjisi Tüketim Verilerine Dayalı
Gelecekteki Yük Tahminleri: Karaman Organize Sanayi Bölgesi Örneği**
**Future Load Forecasts Based on Past Electrical Energy Consumption Data in an
Industrial Zone: The Case Study of Karaman Organized Industrial Zone**

Yasin ÜNÜVAR¹, Selami BALCI^{2,*}, Ahmet KAYABAŞI²

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Karamanoğlu
Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, Türkiye

(Alındı: 27 Kasım 2022; Kabul edildi: 14 Aralık 2022)

Özet. Elektrik enerjisi talebi tüm dünyada giderek artmakta ve sürdürülebilir enerji sağlama açısından şebeke altyapılarının sürekli olarak geliştirilmesi gerekmektedir. Bu açıdan karmaşık davranışa sahip olan elektrik şebeke sistemlerinde yük tahminleri hem enerjinin etkin kullanımı hem de tedarikçi firmaların enerji şebekesi planlaması ve kamu hizmeti şirketi faaliyetleri için temel endekslerden biridir. Bu çalışmada, endüstriyel bir bölgede faaliyet göstermekte olan tüketicilerin saatlik, günlük, aylık ve yıllık olarak enerji harcamalarına ilişkin olarak geçmiş yıllardaki kullanımları dikkate alınarak gerçek bir veri seti değerleri elde edilmiştir. Daha sonra bu değerler kullanılarak gelecekteki yük profili ve taleplerinin belirlenmesine yönelik yaklaşımlar rapor edilmiştir. Böylece, geçmiş yıllardaki elektrik enerjisi tüketim verilerine dayalı olarak yük profili belirlenmiş olan endüstriyel tüketicilerin gelecekteki enerji

taleplerinin ön kestiriminin yapılabilmesinde Karaman Organize Sanayi Bölgesi örnekleme sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Elektrik şebekesi, elektrik güç tüketimi, endüstriyel yük profili, talep tahmini.

Abstract. The demand for electrical energy is increasing all over the world and grid infrastructures need to be developed continuously in order to provide sustainable energy. In this respect, load forecasts in electricity grid systems, which have complex behavior, are one of the main indexes for both efficient use of energy and energy grid planning and utility company activities of supplier companies. In this study, a real data set values were obtained by considering the hourly, daily, monthly and yearly energy expenditures of consumers operating in an industrial zone in the past years. Then, using these values, approaches for determining the future load profile and demands are reported. Thus, the Karaman Organized Industrial Zone sample is presented in order to make a preliminary estimation of the future energy demands of industrial consumers, whose load profile has been determined based on the electrical energy consumption data of the past years.

Key words: Electricity grid, electrical power consumption, industrial load profile, demand forecasting.

1. Giriş

Günümüz koşullarında elektrik şebeke yapısı, işletilme ve planlanmada süreklilik, güvenilirlik ve enerji kaynaklarını en uygun şekilde yönetmek için en doğru tahminlere ihtiyaç duymaktadır. Esasen, elektrik şebekesinde orta ve kısa vadeli yük tahmini, son kırk yıldan fazla bir süredir kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Böylece, yük tahmini için yapılan akademik çalışmalarda, yüksek gerilim seviyelerinde endüstriyel yüklere ilişkin olarak birçok fabrika ve endüstriyel tesis büyük değerlerde elektrik tüketimi gereksinimine sahiptirler ve elektrik enerjisinin etkin bir şekilde kullanımı için enerji yönetimini geliştirmek önem arz etmektedir. Bu bağlamda, yük tahmini çalışmalarında

kullanılmakta olan "yük" terimi, genel olarak aktif gücü (kW olarak) veya birim zamanda harcanan enerjiyi (kWh olarak) ifade etmektedir. Diğer taraftan enerji verimliliğini etkileyen reaktif güç tahminine yönelik literatürde nadiren bilimsel çalışma bulunmaktadır [3].

Yüksek değerlerde elektrik enerjisi talep eden endüstriyel bölgelerde elektrik tüketimini hassas bir şekilde tahmin edebilmek amacıyla yapay sinir ağları (YSA) gibi gelişmiş akıllı teknikler kullanılmaktadır. Endüstride iş gücü artışına, bina yapılarının artmasına ve hava koşullarına göre değişiklik gösteren soğutma, ısıtma ve aydınlatma için altyapı bileşenlerinde; bununla birlikte mekanik ve elektronik otomasyon için operasyonel süreçte elektrik enerjisi ihtiyacı kaçınılmazdır. Ayrıca, operasyonel sektörlerdeki en önemli özelliklerden biri endüstriyel olarak ürünler, ekipman ve geliştirilen teknolojilerin süreçlerine ait enerji kullanımlarının heterojen olmasıdır. Bu heterojenliğe ek olarak, endüstriyel sektörlerinin sadece imalatı değil, aynı zamanda tarım, madencilik ve inşaatı da bünyesinde barındırmasıdır. Bu farklı endüstriler, yüksek enerji yoğunluklu faaliyetlerden düşük enerji yoğunluklu faaliyetlere kadar geniş bir yelpazede elektrik enerjisi tüketmektedirler. Böylece, enerji talebi noktasında geliştirilen endüstriyel modeller, yüksek enerji tüketen ve düşük enerji tüketen sektörler olmak üzere iki genel grupta sınıflandırılabilir [1].

Son zamanlarda tüm dünya ülkelerinde hızlı ekonomik büyüme ve nüfus artışı ile birlikte, elektrik enerjisi tüketimindeki artışlar da giderek hız kazanmaktadır. Bu bağlamda, konut sektörü küresel enerji tüketiminin %27 kadar olan miktarını temsil etmektedir ve genel enerji tüketimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Elektrik enerjisi, fiziksel özelliklerinden dolayı Alternatif Akım (AA) elektrik enerji tipi olarak santralde üretilirken aynı anda da tüketilmek zorunda olduğundan, kararlı bir sistemde elektrik enerjisinin etkin kullanımı için en doğru güç talebi tahmininin yapılması gerekmektedir [9].

Bununla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı da gün geçtikçe artmaktadır. 2019'da yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretimi, küresel olarak elektrik üretiminde yenilenebilir enerjilerin toplam payı %6 artarak toplamda yaklaşık %27 seviyelerine ulaşmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları, genel olarak kararsız bir enerji

üretimi ile karakterize edilebilir ve bu sebeple fosil kaynaklı yenilenemeyen enerji kaynakları ile geleneksel enerji üretimine göre daha az öngörülebilirlik, endüstride elektrik tedariki veya talep yanıtı gibi gereksinimler ile etkin akıllı şebeke uygulamalarını kaçınılmaz hale getirmektedir [14].

Modern dünyada, elektrik enerjisi tüketimini kontrol etmek ve yönetmek için akıllı sayaç kullanımı hem tüketiciye hem de elektrik enerjisini tedarik eden firmalara yardımcı olan teknolojilerden biridir. 2050 yılına kadar 10 milyar seviyelerine ulaşabileceği düşünülen dünya nüfusunun % 70'inin şehirlerde ve kırsal çevre bölgelerde yaşaması beklendiğinden şehirlerin akıllı elektrik şebekeler ile donatılması gerekiyor. Güvenilir, verimli ve kesintisiz elektrik gücü ve enerji akışı, akıllı şehirler, binalar, fabrikalar ve ulaşım gibi hizmetlere enerji vermek ve güç sağlamak için kritik unsurlardır. Bu önemli hizmetlerin kesintiye uğramadan hayata geçirilebilmesi için akıllı sayaç ve akıllı enerjinin yani akıllı elektrik şebeke yapılarının bilişim sistemleri ile entegre edilmiş sistemler olmasında önemli bir rolü bulunmaktadır [16].

Bu bağlamda, elektrik şebeke sistemlerinin çalışmasını yönetmek için en acil görevlerden biri çalışma modu parametrelerinin ve performansının planlanması sayesinde modernize edilebilmesidir. Böylece, tüketici grupları, bireysel tüketiciler ve güç sistemleri tarafından beklenen güç tüketiminin tahmin değerleri, enerji şebekesi planlaması ve endüstriyel bölge faaliyetleri için temel parametrelerdendir. Güç tüketimi, tedarik kontrol merkezleri, kamu hizmetleri ve tüketiciler tarafından tahmin teknolojisi, kaynak veri hazırlama yöntemleri ve araçları, tahmin yöntemleri ve algoritmaları, hesaplanan sonuçlar için işleme araçları ve diğer süreçleri barındırmaktadır [13].

Yük tahmininin birincil amacı, gelecekteki yük modelini ve profilini doğru bir şekilde belirlemeye çalışmaktır. Yük modelleme ve tahmin işlemleri, yükü etkileyen çeşitli faktörlerin bilgisine dayanmaktadır. Yük tahmininin geçmişi boyunca, farklı faktörlerin elektrik yükü modeli üzerindeki etkisiyle tüketim tipi toplam yükün şeklini (profilini) etkilemektedir. Genel olarak şebekede elektrik yükü farklı abone tipleri tarafından tüketilmekte ve yük tüketiminin çoğu aydınlatma, ısıtma, yemek pişirme ve çamaşır makinesi, buzdolabı, su pompası, televizyon gibi ev aletleri için evsel cihazların oluşturduğu yüklerdir. Diğer taraftan, sokak aydınlatması, demiryolları tarafından verilen

hizmetler de elektrik yükü tüketimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptirler. Ancak, bir bireyin kullanım yüküne göre değişen konutlardaki iç tüketimin aksine, endüstriyel bölgelerde elektrik tüketiminin yük profili oldukça karardır [8].

Elektrik yükü tahmini için dikkate alınması gereken önemli faktörler şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Meteorolojik Faktörler: Hava, iklim, sıcaklık, nem, güneş radyasyonu gibi veriler.
- Zamansal veya Takvim faktörleri: Günün saatleri, haftanın günleri ve yılın zamanlamaları gibi zamana bağılı veriler.
- Ekonomi Faktörleri: Endüstriyel gelişme, Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) gibi ekonomik veriler.
- Rastgele Faktörler: Spor aktiviteleri, festival gibi organizasyonlara ait veriler.
- Tüketici Faktörleri: Tüketim türü, binanın büyüklüğü, elektrikli ev aletleri, endüstriyel bölgelerde çalışan sayısı gibi veriler.

Dünya çapında nüfus oranı modelinin yıllık artışı dikkate alındığında, bu artış aynı zamanda konaklama, ülkelerin ilerlemesi ve diğer unsurlar için elektrik enerjisi tüketimini de etkilemektedir. Bu nedenle, enerji tasarrufu sağlamak ve doğa üzerindeki olumsuz etkiyi azaltmak için elektrik enerjisi tüketiminin önceden tahmin edilmesi güç sisteminin güvenilirliği ve performansı bakımından çok önemlidir [4].

Enerji tüketimi tahmini, planlama ve güç sistemi yönetiminde her zaman hayati bir rol oynamaktadır. Elektrik enerjisi tüketiminin doğru tahmini, bir ülkenin sürdürülebilir kalkınması için de önemli olan elektrik şebekesi işletimi ve enerji altyapı planlaması için güvenilir rehberlik sağlayabilir. Elektrik tüketimi tahmininin doğruluğu, enerji ticaretinin etkinliğini, sistem güvenilirliğini, işletme ve bakım maliyetlerini, T&D (iletim ve dağıtım) genişletmesini ve elektrik güç santrali planlamasını doğrudan etkilemektedir. Ayrıca, küreselleşen bir dünyada sürdürülebilir kalkınmaya doğru ilerlemek için bir ülkenin gelecekteki enerji kaynakları tüketimine daha gerçekçi bir spektrum vermektedir. Elektrik enerjisi tüketimi, bir ülkedeki ekonomik gelişmenin derecesini yansıtmakta ve

ekonomik büyüme ile elektrik enerjisi tüketimi arasındaki bağlantılı ilişkiyi de desteklemektedir [7].

Günümüzde konut olarak büyük binalar kesinlikle büyük değerlerde elektrik enerjisi tüketicilerini akla getirmektedir. Dünya çapında konut olarak bu tür binaların enerji talebinin toplam enerji tüketiminin yaklaşık %32'sine ulaştığı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte minimum enerji maliyeti ve çevresel etki ile birlikte operasyonel hedeflerin sağlanması gerekliliği ile birlikte, akıllı şebeke yapılarına yönelik ilginin artmasına katkıda bulunmuştur [2]. Ayrıca, elektrik taşıtlarının kullanımlarındaki artışların da gelecekteki yük taleplerinin artmasına sebep olacağı düşünülmektedir.

Yapay zeka teknikleri ile geliştirilmiş elektrik enerjisi tüketiminin kısa vadeli tahmini, akıllı şebeke planlaması, sürdürülebilir enerji kullanımı ve elektrik piyasası ihale sistemi tasarımı için önemli bir tekniktir. Mevcut çalışmalar, etkin güç tüketimi tahmini olmadan %5, entegre konut elektrik tüketimi en yüksek değerlerde artışının üstesinden gelmek için %20 ekstra enerji çıkışı gerektiğini göstermektedir. Bu bağlamda, gelişmiş ölçüm altyapısı, tüketicilerin harcama miktarlarına yönelik geçmiş verilerinden güç tüketimi modelini öğrenme olanağı sunmaktadır. Elde edilen elektrik güç tüketimi tahmini, hem güç tedarik firmaları hem de tüketiciler için enerji tasarrufu, yönetimi ve zamanlaması için sürdürülebilir bir ortam sağlama konusunda önemli bir ipucu sağlamaktadır [15].

Dinamik elektrik piyasası pazarlama sistemi tasarımında her zaman verimli ve hassas güç tüketimi tahmini talep edilmektedir. Ancak, hem manuel hem de otomatik güç teklifi, bilgisayarlı hesaplama için belirli bir yanıt süresi gerektirir. Literatürdeki mevcut çalışmaların çoğu, sadece katılımcılardan anında yanıt talep eden tek adımlı güç yükü tahmini gerçekleştirir. Bu durumda çok adımlı bir tahmin stratejisi daha çok tercih edilebilir. Özetle, bireysel ev elektrik tüketimi tahmini için literatürde iki ana zorluk bulunmaktadır [15]:

- *Yüksek tahmin doğruluğu:* Düzensiz insan davranışları nedeniyle tek hane halkı elektrik tüketiminin dalgalanma düzeyi yüksektir. Ayrıca, kaynak verileri genellikle tek değişkenlidir ve sadece kWh cinsinden güç tüketimi verilerinden oluşur ve bu da doğru güç tüketimi tahmini için zorluğu artırmaktadır.

- *Çok adımlı tahmin:* Mevcut yük tahmin çalışmalarının çoğu, tek adımlı tahmin çözümlerine odaklanır. Dinamik elektrik pazarlama piyasa sistemi tasarımı gibi gerçek dünyadaki uygulama kullanımını kolaylaştırmak için daha uzun süreli bir tahmin çözümü gereklidir.

Konut ve endüstriyel abonelerin yük profilleri ve enerji taleplerinin izlenebilmesi ve elektrik santrallerinde üretilen AA elektrik enerjisinin depo etme imkanı olmadığı için etkin bir şekilde kullanılabilmesi amacıyla günümüzde dağıtık yapıdaki akıllı şebekelerin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Akıllı enerji yönetim sistemleri ile tüketicilerin geçmişteki enerji sarfiyatları kayıt altına alınarak gelecekteki yük taleplerinin önceden belirlenmesi önemli bir gereksinim haline gelmiştir.

Bu çalışmada, endüstriyel bölgelerin geçmiş yıllarda elektrik enerjisi tüketim bilgilerine dayalı olarak geleceğe yönelik yük tahminleri belirlenmiştir. Geçmiş yıllardaki tüketim verileri gerçek verilerdir ve Karaman Organize Sanayi Bölgesi örnekleme üzerine yük profilleri üzerinde detaylı analizler gerçekleştirilmiştir. Böylece, akıllı enerji yönetim sistemleri için geçmiş yıllardaki verilere dayalı gelecekteki enerji taleplerinin belirlenmesi noktasında örnek bir yaklaşım sunulmuştur.

2. Elektrik Enerjisi Talepleri

Endüstriyel bölgelerde diğerlerinin yanı sıra mevcut, bilinen ve olası yeni tüketicilerden (örneğin alan geliştirme planlarından) gelen yük değişikliklerini hesaba katan uzun vadeli bir yük tahmini yapılır. Olası senaryo sayısını daraltmak için en olası yük senaryosu (arz sınıfının alan güvenliğine dayalı, örneğin kırsal veya kentsel alan) kullanılabilir. Ayrıca, şebeke bileşenlerinin kalan ömrünün bir değerlendirmesi yapılır. Şebekenin 6, 15 ve 35 kV anma gerilimli bölümlerine özel dikkat gösterilir, çünkü bunlar çoğu ülkede modası geçmiş olarak kabul edilir ve sırasıyla kentsel ve kırsal alanlarda nominal gerilimleri 10 kV veya 20 kV olan bileşenlerle değiştirilmeleri gerekir [10]. Ancak, Türkiye’de eskiden kalma 66 kV sistemler yenilenmiş ve yerini 34,5 kV orta gerilim (OG) seviyelerine bırakmış ve özel uygulama alanları dışında OG dağıtım sistemi tek tiptir. Bu bağlamda, uzun vadeli yük tahmini için mevcut şebekedeki güç dağıtım trafo merkezleri arasında tüketicilerin yeni yük talepleri analiz edilebilir. Yük yeniden dağıtım planı, komple

elektrik güç şebekesi geliştirme planının derlenmesi, bilişim sistemleri ile donatılmış akıllı yönetim sistemi tabanlı güç akışı hesaplamalarına dayalı olarak minimum entegre maliyetler ile en uygun konfigürasyonun belirlenmesi gibi yöntemlere göre tasarlanabilir ve trafo bazında yük tahminleri çizilebilir. Diğer taraftan yük tahminine bağlı olarak olası şebeke yapılandırma önerileri de sunulabilir. Şebeke bileşenlerinin durumu ve eski nominal gerilimler hakkındaki bilgiler de bu aşamada dikkate alınmalıdır [10].

2.1. Dünyada 2050'ye kadar elektrik enerjisi talebi

Gelecekteki elektrik enerjisi talebi projeksiyonları, enerji güvenliğini sağlamak için çok önemlidir. Projeksiyonlar, talebi karşılamayı planlamaya ve dönem boyunca enerji kullanılabilirliği ile ilgili riskleri değerlendirmeye yardımcı olur. Gelecekteki büyümeyi sağlamak ve artan enerji talebini karşılamak amacıyla elektrik gereksinimleri ve kaynaklar için bir yol haritası hazırlamak esastır. Elektrik talebini projelendirmek için kullanılan çeşitli metodolojiler aşağıda listelenmiştir [6]:

- Ekonometrik model
- Zaman serisi
- Zaman trendi
- Son kullanım verileri
- Kısmi son kullanım verileri

Her model, güvenilir tahminler yapmak için bazı girdiler veya varsayımlar gerektirir ve modelin çıktısının doğruluğu, girdi verilerinin mevcudiyetine ve doğruluğuna bağlı olarak değişmektedir [6].

Elektrik güç sistemlerinin etkin bir şekilde çalışmasını sağlamak için en acil görevlerden biri çalışma modu parametrelerinin ve performansının planlanmasıdır. Bu bağlamda, konut ve/veya endüstriyel bölgelerdeki tüketiciler tarafından güç tüketiminin tahmin değerleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen dağıtık şebeke sistemi yapısı ile çift yönlü enerji akışına ait şebeke planlaması güncel yaklaşımlardır. Güç tüketimi, sevk kontrol merkezleri, kamu hizmetleri ve tüketiciler tarafından tahmin edilir. Bu noktada, bilişim sistemi tabanlı tahmin teknolojisi, kaynak veri hazırlama yöntemleri ve

araçları, tahmin yöntemleri ve algoritmaları, hesaplanan sonuçlar için işleme araçları ve diğer süreçleri gibi spesifik iş akışlarını içermektedir [12].

2.2. Akıllı Şebeke Master Planı

Genel olarak “Akıllı Şebeke Master Planı” vizyonunda düşük karbonlu bir toplumu ve sürdürülebilir kalkınmayı teşvik eden yüksek kaliteli, yüksek verimli ve çevre dostu bir akıllı şebeke kurulması çağrısında bulunmaktadır. Bu amaçla, akıllı şebekenin kurulmasında istikrarlı bir güç kaynağının garanti edilmesi, enerji tasarrufunun ve karbon azaltımının teşvik edilmesi, yeşil enerji kullanımının artırılması ve düşük karbon endüstrisinin yönlendirilmesi gibi dört hedefi gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır: “Akıllı Şebeke Master Planı” tanıtım stratejisi “Akıllı Elektrik Üretimi ve Dağıtımı”, “Akıllı Enerji İletimi”, “Akıllı Güç Dağıtımı”, “Akıllı Kullanıcı”, “Akıllı Endüstriyel Şebeke Geliştirme” ve “Akıllı Şebeke Altyapısı” gibi altı boyuta ayrılmıştır. Böylece, Akıllı Şebeke Master Planı, esas olarak Şekil 1’de görüldüğü gibi “Ortamın Kurulması” boyutu altındaki standartlar ve Ar-Ge yönlerinden sorumludur. Ayrıca, bu planlamada kısa ve orta vadeli teknoloji Ar-Ge ögelerini de tamamlamayı amaçlamaktadır [11].

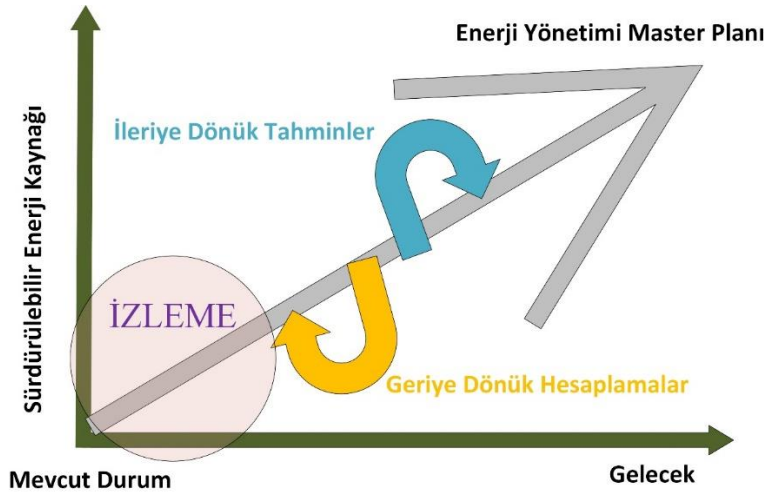


Şekil 1. Akıllı Şebeke Master Planı [11].

Akıllı Şebeke Master Planı öncelikle teknoloji geliştirme ve uygulama olarak iki kısma ayrılabilir. Teknoloji geliştirme yönüyle ilgili araştırmalar; Güç Kalitesi, İletim/Dağıtım Kontrolü, Dağıtım Otomasyonu, Mikro Şebeke Kontrolü, Akıllı Sayaç ve Enerji Bilgi ve İletişim Teknolojisi, Enerji Yönetimi ve Talep Yanıt Teknolojisi, Güç Elektroniği ve Standartlar gibi konuları kapsamaktadır. Uygulama yönü ise; Mikro Şebeke, Otomatik Sayaç Okuma Sistemleri (OSOS), Akıllı Ev (Bina) Enerji Yönetimi, Gelişmiş Dağıtım Otomasyonu, Geniş Alan Ölçüm Sisteminin Gelişmiş Uygulaması, İletim Sistemi Güç Kalitesi İzleme Teknolojisi Geliştirme ve Gelişmiş Uygulama ile son yıllarda popüler hale gelen Elektrikli Taşıtların Şarj Yönetim Stratejisi gibi detayları kapsamaktadır [11].

3. Materyal ve Metot

Bu bölümde, Karaman Organize Sanayi Bölgesi elektrik enerjisi tüketim verileri analitik ve istatistik veri olarak ele alınmıştır. Böylece, geçmişteki elektrik tüketim verilerine dayalı olarak gelecekteki yük tahminleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 2’de görülebileceği gibi sürecin izlenmesi akıllı enerji yönetiminde önemli bir adımdır. Genel olarak izleme, geçmişteki verilerden öğrenme; daha sonra mevcut durumda bu öğrenme istatistiklerini paylaşma ve değişimlere adapte olabilen bir planlama ile başlar. Tüm katılımcılar, nihai hedefleri gerçekleştirmek için düzenli izlemenin gerekli olduğunun farkında olmalıdır. Sistemi izleme olmaksızın geliştirilen süreç, ara yönlendirmenin de mümkün olmadığı bir belirsizliğe dönüşür. Bu bağlamda, izleme, sürecin başından sonuna kadar her adımında yer almalıdır. Diğer taraftan izleme, yalnızca sayısal bilgilerin bir analizini değil, aynı zamanda nelerin iyi gittiğini ve iyileştirmelerin gerekli olduğunu gösteren hangi sorunların veya koşulların ortaya çıktığını analiz etmek için geçiş sürecinin kendisinin dikkatli bir şekilde belgelenmesini ve gözden geçirilmesini de ifade eder [17].



Şekil 2. İzlemenin önemi: Uygulama sırasında, uzun vadeli hedeflere ulaşmanın hala mümkün olup olmadığını ve/veya ek önlemlerin gerekli olup olmadığını analiz etmek için geriye dönük tahmin ve tahmin uygulanmalıdır [17].

Ayrıca, izleme gelecekteki ilerlemeyi izlemeyi ve aynı zamanda (belki daha da önemlisi) hatalardan öğrenmeyi içerir. İzleme sonuçları daha sonra mevcut ve gelecekteki projelerde değişiklik yapmak veya gerekirse geçiş yolunu yeniden tanımlamak için kullanılabilir. Böylece, kısa vadeli sonuçların izlenmesinin uzun vadeli hedeflere

ulaşılmasına nasıl yardımcı olabileceğini göstermektedir. Örneğin, sınır koşulları zamanın bir fonksiyonu olarak değişebilir. Dağıtım şebekeleri, gelecekte esneklik ve depolama sistemlerinin uygulanması açısından olumlu olacaktır. Akıllı şebekeler kullanılarak enerji yönetimi optimize edilebilir ve ana şebeke ile alışveriş en aza indirilebilir [17].

Genel olarak akıllı şebekelerde Veri Analizi ve Tahmin Hizmeti, kullanıcı topluluğu için erişilebilir bir bulut hizmeti olarak uygulanan güç tüketimi ve diğer performans göstergelerinin analizi ve tahmin edilmesi için araçlar sağlar. Bulut teknolojilerinin tahminde kullanılmasının başlıca avantajları şunlardır [13]:

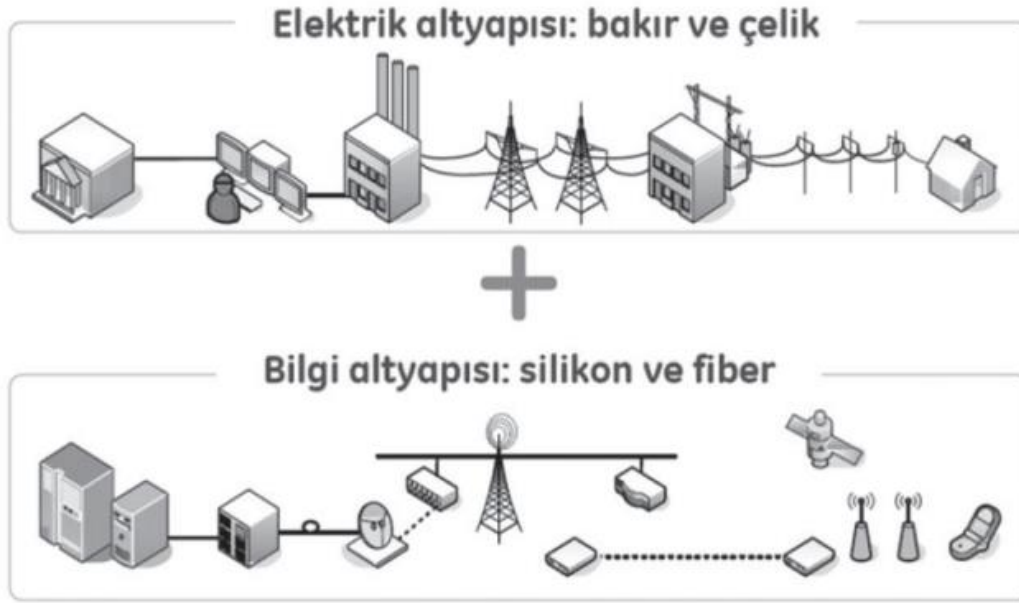
- Tahmin Hizmeti araçlarını farklı yerlerden (endüstri ve konut gibi.), farklı donanım platformlarından ve mobil cihazlar da dahil olmak üzere web erişimi olan herhangi bir cihazdan kullanma imkanı bulunmaktadır.
- İstemci tarafında herhangi bir yazılım gerekmez; bu nedenle yönetim ve destek maliyetleri azalır.
- Buluttaki çeşitli kullanıcıların veri tabanları arasında basit veri alışverişi ve çeşitli işletmelere (kamu hizmeti, şebeke ve elektrik üretim şirketleri, bunların şubeleri ve büyük tüketiciler) sayesinde uygun tahmin araçlarına hızlı erişim sağlanabilir.

Tahmin hizmetinin temel işlevleri; veri tabanındaki parametre yapısının hazırlanması, metin dosyalarından, MS Excel dosyalarından, XML düzenlerinden, SCADA'dan ve diğer kaynaklardan analiz için veri yüklemeleri, veri görüntüleme ve analizi, istatistiksel analiz ve meteorolojik faktör etkisi araştırması, tahmin doğruluğunun tahmini ve analizi, kullanıcılar arasında veri alışverişi, merkez ofislerde şube veri entegrasyonu ve rapor oluşturma gibi süreçleri içermektedir [13].

İstatistiksel araçlar, birkaç günden birkaç yıla kadar seçilen farklı zaman aralıkları için, belirli düzenliliklerin veya eğilimlerin saptanmasına izin veren haftanın belirli günlerine göre istatistiksel analiz sağlar. Genel olarak aşağıdaki hesaplamalar uygulanır [13]:

- Referans istatistikleri; ortalama, ortalama dağılım, kare sapmalar, paketleme faktörleri ve günlük şekil düzensizlikleri,
- Aynı meteorolojik şartlara göre normalize edilmiş iş günü ve tatil sayılarına göre bir önceki döneme göre parametre artışları,
- Güç tüketimi ve diğer parametreler üzerindeki meteorolojik faktörlerin etkilerinin endeksleri.

İstatistiksel tahmin sonuçları tabloları ve istatistiksel faktörlerin grafikleri, korelasyon ve otokorelasyon fonksiyon eğrileri yazdırılabilir ve MS Excel yazılımına aktarılabilir [13]. Bilişim teknolojileri ile donatılmış akıllı şebeke alt yapısı Şekil 3'te verilmiş ve günümüzde akademik ve endüstriyel çalışmalar için geniş bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışma konularından en popülerleri ise yenilenebilir enerji kaynakları ve dağıtılmış üretim sistemleri, elektrikli taşıtlar, mikro şebekeler, yük talep (demand) cevabı ve akıllı evler gibi araştırma ve geliştirme alanlarıdır [5].



Şekil 3. Akıllı şebeke alt yapısı [5].

Bir akıllı şebekenin temel bileşenleri ve teknolojileri Akıllı Üretim, Akıllı İstasyonlar, Akıllı Dağıtım, Akıllı Sayaçlar, Bütünleştirilmiş Haberleşme ve İleri Kontrol Metotları gibi önemli donanım ve yazılımsal süreçleri içermektedir [5].

Bu amaca yönelik olarak Karaman OSB’de kurulmuş olan akıllı enerji yönetim sisteminin genel olarak blok diyagramı Şekil 4’te görülmektedir. Böylece, akıllı şebekelerin ana hedefi kayıp ve kaçak oranını azaltarak enerjiyi verimli kullanmak olmakla birlikte; rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjiyi sistemle bütünleştirmek te hedefler arasındadır [5].



Şekil 4. Karaman OSB'nin akıllı enerji yönetim sistemi blok diyagramı.

Sistemin ihtiyaç duyacağı enerji yatırımları, elde edilen ölçümler ve analizler sayesinde çok daha iyi planlanabilecektir. Bu bağlamda, akıllı şebekelerin yazılım ve donanım bileşenleri bulunmaktadır. Donanım bileşenleri olarak akıllı sayaçlar ve akıllı ev aletleri göze çarpmaktadır. Konut enerji tüketiminin yaklaşık % 70'ini ısıtma-soğutmaya harcadığı göz önünde bulundurulur ise programlanabilen, kullanım alışkanlıklarını öğrenebilen ve dinamik olarak adapte olabilen yazılım olarak veri altyapısı, internet

tabanlı sistemler, GSM modemler, sezgisel olarak çalışan yönlendirme yazılımları sayılabilir [5].

4. Bulgular

Bu bölümde Karaman Organize Sanayi Bölgesi 2018 yılı elektrik enerjisi aktif tüketim verilerine dayalı olarak MS Excel yazılımına aktarılan istatistiksel tahmin sonuçları tabloları ve istatistiksel faktörlerin grafikleri, saatlik ve günlük elektrik enerjisi tüketim değerlerine bağlı korelasyon ve oto korelasyon fonksiyon grafikleri üzerinde durulmuştur. Böylece, geçmiş tüketim verilerine dayalı olarak gelecekteki tüketim değerleri MS Excel yazılımında tanımlanan Eş.1 ile tahmin edilmeye çalışılmıştır.

$$fx = ((1 * Agustos_2018!AB6 + 2 * Eylül_2018!D36 + 4 * Eylül_2018!K36 + 8 * Eylül_2018!R36 + 16 * Eylül_2018!Y36)/31) * Eylül_2018!AE36/Eylül_2018!X36 \quad (1)$$

Burada, AB6 hücresi 26 Eylül 2018 saat 00.00'daki tüketimi, D36 hücresi 03 Eylül 2018 saat 00.00'daki tüketimi, K36 hücresi 10 Eylül 2018 saat 00.00'daki tüketimi, R3 hücresi 17 Eylül 2018 saat 00.00'daki tüketimi, Y36 hücresi 24 Eylül 2018 saat 00.00'daki tüketim değeri olarak her haftanın aynı saatteki verileri toplanmış ve Ekim ayı tahmini için gün sayısı olan 31'e bölünmüştür. Daha sonra, AE36 hücresi 30 Eylül 2018 saat 00.00'daki tüketim miktarı ile çarpımları X36 hücresi 23 Eylül 2018 saat 00.00'daki tüketim miktarına oranlanmıştır. Böylece, MS Excel yazılımında her günün değişim saati olan gece 00.00 referans olmak üzere tanımlanan formüle ilişkin basit bir ön kestirim olarak Ekim 2018 yük tahminine yönelik haftanın diğer günlerinde tekrarlanan korelasyon ile 24 saat için ayrı ayrı hesaplatılabilmektedir.

Tablo 1 ve Tablo 2'de verilen önceki iki ayın (Ağustos ve Eylül) tüketim verilerine bağlı olarak 2018 yılındaki Ekim ayına ait elektrik tüketiminin tahmin dağılım grafiği gün ve saatlik olarak Şekil 5'te görülmektedir. Bu grafik ile günlük ve saatlik olarak tüketim verileri ayrı ayrı ölçümleri temsil etmekte ve değer kümeleri arasındaki ilişki kolaylıkla karşılaştırılabilmektedir.

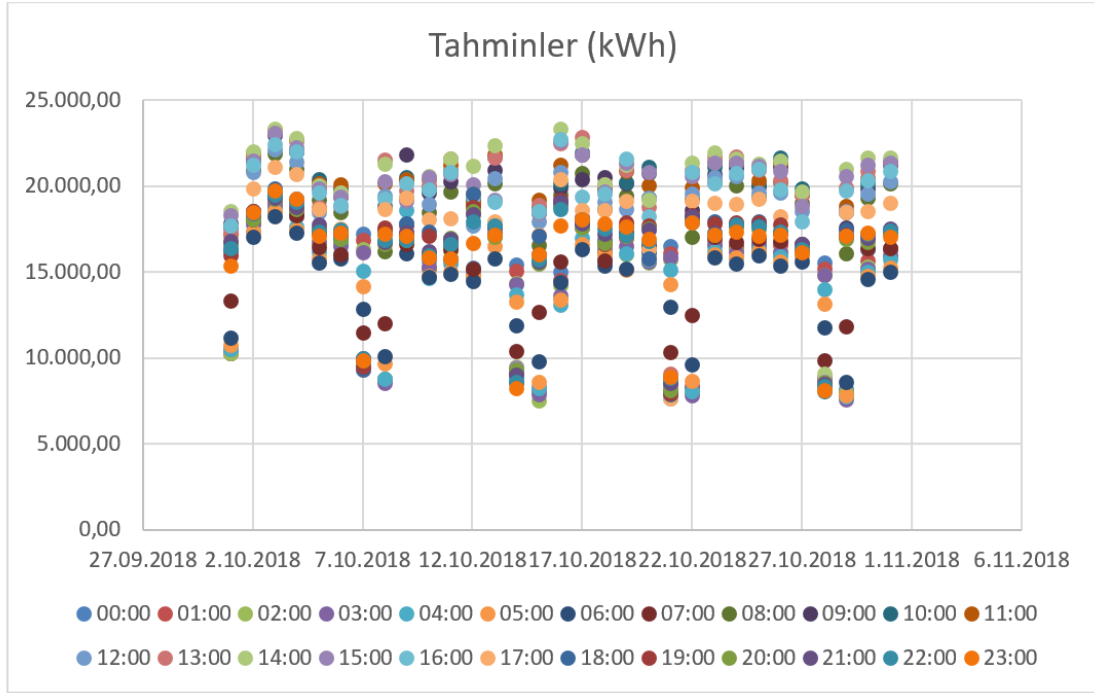
Endüstriyel Bir Bölgede Yük Tahmini

Tablo 1. Karaman Organize Sanayi Bölgesi Ağustos 2018 kWh olarak elektrik tüketim verileri.

Saat/Gün	1.08.2018	2.08.2018	3.08.2018	4.08.2018	5.08.2018	6.08.2018	.....	27.08.2018	28.08.2018	29.08.2018	30.08.2018	31.08.2018
00:00	15.275,43	15.842,69	15.830,24	14.732,02	11.516,57	7.083,68	.....	5.623,97	13.644,55	15.268,67	15.591,98	15.408,29
01:00	15.162,65	15.671,87	15.594,55	14.854,40	11.218,60	6.876,92	.....	5.817,66	13.515,35	15.452,79	15.682,14	15.725,15
02:00	15.190,16	15.590,72	14.179,99	14.576,73	11.182,93	6.900,82	.....	5.695,84	13.362,03	14.980,98	15.389,32	15.413,62
03:00	14.827,45	15.418,26	15.058,58	14.590,00	11.048,84	6.916,40	.....	6.005,43	13.182,41	14.958,11	15.155,77	15.094,45
04:00	14.270,63	15.066,09	14.750,40	13.783,00	10.480,27	6.966,82	.....	5.748,50	12.882,94	14.649,51	14.802,25	14.667,05
05:00	14.318,10	14.746,17	14.420,09	13.539,51	10.147,36	7.466,41	.....	6.214,95	12.706,84	14.386,26	14.971,93	14.693,10
.....
20:00	15.798,39	15.751,94	15.267,51	12.761,98	6.986,45	14.414,00	.....	14.517,73	14.930,59	16.364,14	15.247,89	15.607,57
21:00	16.203,11	16.002,97	15.702,79	12.988,81	7.113,19	14.138,57	.....	14.466,27	14.891,26	16.474,25	15.892,51	15.612,36
22:00	16.152,58	16.286,79	15.731,43	12.537,93	7.172,99	14.431,88	.....	14.375,17	14.686,79	16.375,45	15.738,53	16.546,14
23:00	16.352,75	16.098,39	15.517,79	12.034,61	7.122,44	14.469,90	.....	14.399,58	15.619,42	16.318,39	15.342,43	16.438,29

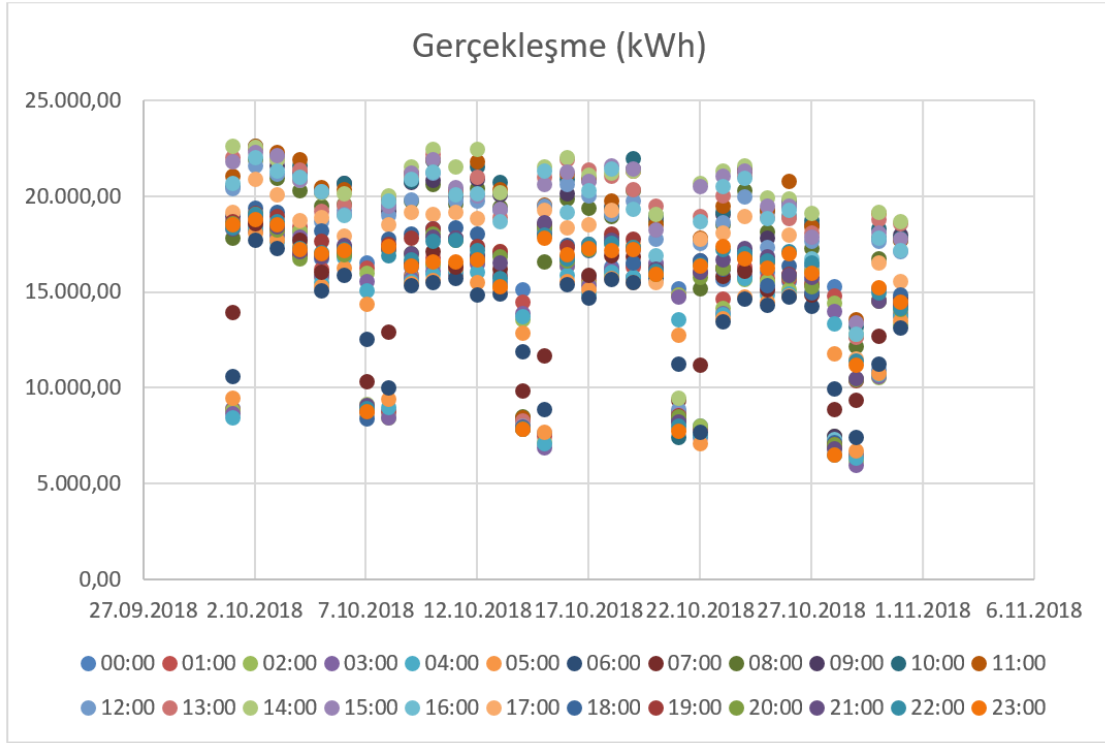
Tablo 2. Karaman Organize Sanayi Bölgesi Eylül 2018 kWh olarak elektrik tüketim verileri.

Saat/Gün	1.09.2018	2.09.2018	3.09.2018	4.09.2018	5.09.2018	6.09.2018	.....	26.09.2018	27.09.2018	28.09.2018	29.09.2018	30.09.2018
00:00	15.053,74	13.421,89	7.083,68	15.842,69	15.053,74	15.448,21	.....	17.769,44	17.754,87	17.761,17	17.853,58	16.747,99
01:00	14.947,08	13.350,70	6.876,92	15.671,87	14.947,08	15.309,48	.....	17.635,22	17.682,18	17.899,68	17.901,75	16.342,20
02:00	14.700,60	13.251,11	6.900,82	15.590,72	14.700,60	15.145,66	.....	17.451,72	17.493,39	17.638,74	17.599,30	15.783,75
03:00	14.493,35	12.908,83	6.916,40	15.418,26	14.493,35	14.955,81	.....	17.372,36	17.429,58	17.598,72	17.512,55	15.441,47
04:00	13.790,87	12.250,36	6.966,82	15.066,09	13.790,87	14.428,48	.....	16.982,13	17.061,52	17.130,70	16.970,86	14.450,69
05:00	13.831,35	11.232,86	7.466,41	14.746,17	13.831,35	14.288,76	.....	17.032,30	17.080,51	16.969,47	16.777,76	13.670,59
.....
20:00	14.224,02	6.986,45	15.762,17	15.751,94	14.224,02	14.987,98	.....	17.597,48	18.707,25	18.441,59	18.028,85	10.369,20
21:00	14.602,36	7.113,19	16.012,30	16.002,97	14.602,36	15.302,67	.....	17.959,60	19.016,73	18.405,54	18.099,48	10.574,98
22:00	14.815,56	7.172,99	16.002,09	16.286,79	14.815,56	15.551,18	.....	17.844,01	18.642,42	18.183,56	18.035,16	10.946,65
23:00	14.217,51	7.122,44	15.423,26	16.098,39	14.217,51	15.157,95	.....	17.864,49	18.429,01	18.286,35	18.146,28	11.060,98



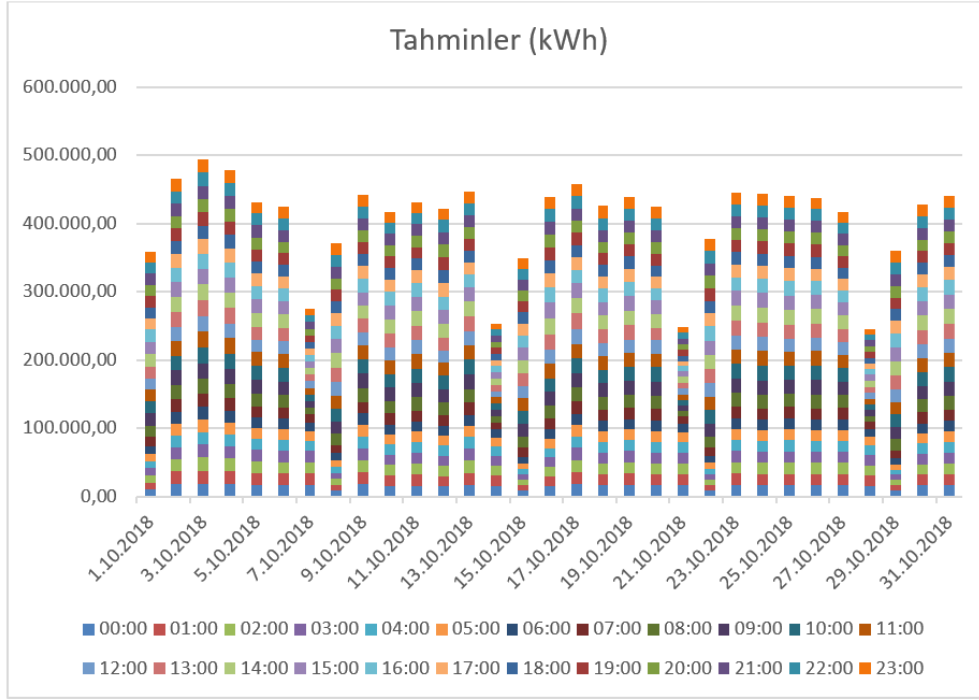
Şekil 5. Karaman OSB 2018 Ekim ayı kWh olarak tüketim tahmin dağılımı.

Gerçekleşen tüketim verilerinin dağılımı Şekil 6’da verilen grafik ile sunulmuştur. Bu örnekleme göre 29 Ekim Cumhuriyet Bayramı resmi tatili 28 Ekim öğleden sonra başladığı için tahmin sürecinde en büyük hata bu tarihlerde oluşmuştur. Bu hata, tahmin için kullanılan formülde hafta içi mesai saatleri olarak milli bayram resmi tatili günlerini de mesai saati olarak değerlendirmiş olmasından kaynaklanmıştır.



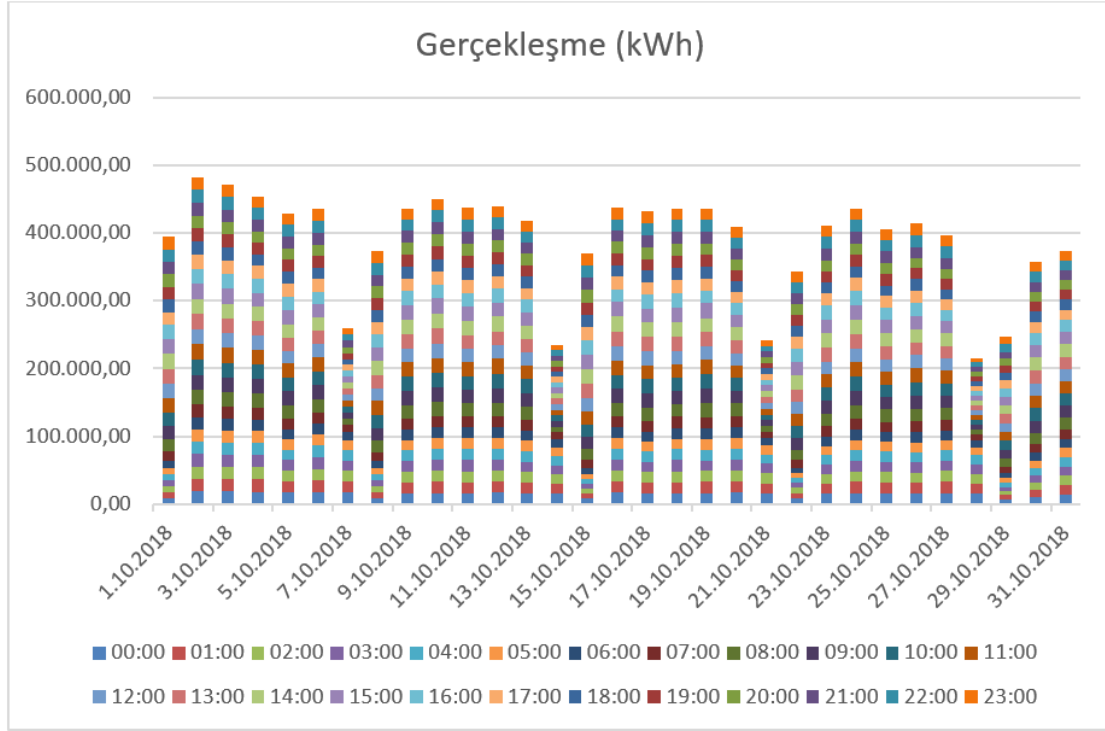
Şekil 6. Karaman OSB 2018 Ekim ayı kWh olarak tüketim gerçekleşme dağılımı.

Diğer taraftan tahmin verilerinin günlük olarak bir bütünün parçalarını karşılaştırmak amacıyla Şekil 7’de verilen yığılmış sütun grafik olarak da verilebilir. Böylece, günlük elektrik tüketim tahminleri için bir bütüne ait bölümlerin saatlik olarak değişimi daha net olarak gösterilebilmektedir. Bununla birlikte bir gün boyunca harcanan toplam elektrik enerjisi tüketimi de belirlenebilmekte ve 2018 yılı Ekim ayı için gün bazında Karaman OSB elektrik enerjisi tüketiminin 500.000 kWh değerlerine ulaştığı tahmin edilmiştir.



Şekil 7. Karaman OSB 2018 Ekim ayı kWh olarak tüketim tahmini yığılmış sütun grafiği.

Böylece, tahmin değerleri ve gerçekleşme değerleri büyük ölçüde örtüşmektedir. Saatlik olarak gün bazında Tablo 3'te verilen 2018 Ekim ayına ait gerçekleşen tüketim değerleri yığın grafiği olarak Şekil 8'de sunulmuş ve önceden tahmin edildiği gibi 03 Ekim 2018 günü toplamda yaklaşık 500.000 kWh değerlerine ulaştığı görülmektedir.



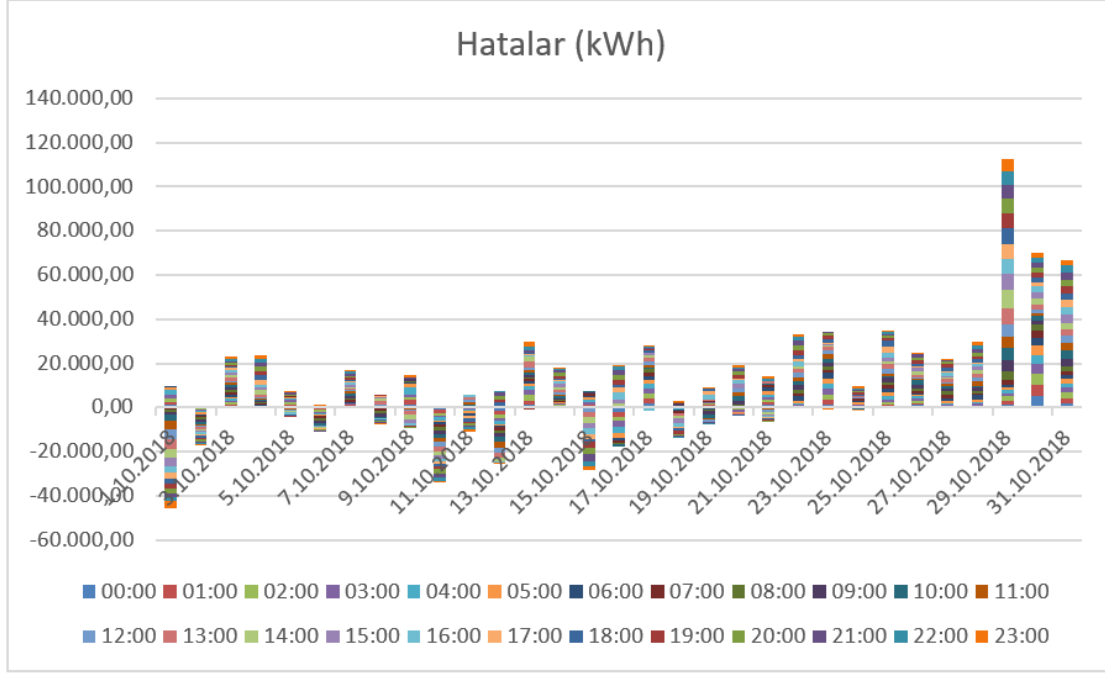
Şekil 8. Karaman OSB 2018 Ekim ayı kWh olarak gerçekleşen tüketim yığılmış sütun grafiği.

Tablo 3. Karaman Organize Sanayi Bölgesi Ekim 2018 kWh olarak elektrik tüketim verileri.

Saat/Gün	1.10.2018	2.10.2018	3.10.2018	4.10.2018	5.10.2018	6.10.2018	.....	26.10.2018	27.10.2018	28.10.2018	29.10.2018	30.10.2018	31.10.2018
00:00	10.312,12	18.559,45	18.817,52	18.538,06	17.259,78	17.015,23	.....	16.683,47	16.547,55	15.565,89	8.182,97	16.320,73	16.345,05
01:00	10.292,00	18.242,31	19.107,84	18.562,70	17.245,61	16.651,61	.....	16.560,65	16.480,41	15.167,88	8.029,39	15.700,68	16.387,01
02:00	10.303,62	17.877,11	19.042,99	18.331,95	16.781,35	16.617,05	.....	16.172,09	16.299,84	14.858,70	7.988,82	15.331,09	15.934,93
03:00	10.526,88	17.771,06	18.968,96	18.262,89	16.754,92	16.516,02	.....	16.166,90	16.402,59	14.809,65	7.618,48	15.176,44	15.969,19
04:00	10.512,37	17.380,53	18.550,06	17.672,01	16.141,11	16.022,66	.....	15.926,80	16.044,51	13.982,45	7.792,17	14.993,89	15.738,26
05:00	10.740,61	17.335,37	18.526,35	17.492,55	15.812,42	15.918,00	.....	15.587,73	15.901,10	13.161,32	7.840,41	14.752,52	15.245,06
.....
20:00	16.676,95	18.095,60	19.243,07	18.691,66	17.473,91	16.942,15	.....	17.302,18	16.496,49	8.545,99	16.908,07	16.740,06	17.258,53
21:00	16.825,75	18.402,68	19.351,01	18.802,06	17.765,61	17.367,45	.....	17.282,19	16.657,20	8.485,47	17.129,32	16.989,06	17.542,60
22:00	16.382,32	18.421,52	19.534,71	19.083,87	17.339,74	17.445,21	.....	17.356,24	16.363,42	8.339,08	17.109,67	17.213,47	17.394,51
23:00	15.368,28	18.512,11	19.729,18	19.245,48	17.108,77	17.311,36	.....	17.150,19	16.147,89	8.125,67	17.095,88	17.287,16	17.031,43

Genel olarak tahmin sürecinde ön kestirimde gerçekleşme (kesin tüketim) değerleri arasında oluşan hatalar Şekil 9’da verilen gün ve saatlik yığılmış sütun grafiğinde görülmektedir. Bu grafiğe göre, tahmin sürecinde en büyük hata milli bayramlarımızdan

29 Ekim Cumhuriyet Bayramı günü resmi tatil olması dolayısıyla OSB bünyesindeki çoğu katılımcı firmanın üretim yapmamasından dolayı elektrik tüketimindeki gerçekleşen verilerin beklenilenden daha küçük değerlerde olması sebebiyle meydana gelmiştir.



Şekil 9. Karaman OSB 2018 Ekim ayı kWh olarak tahminlerde gerçekleşen hataların yığın grafiği.

Ayrıca, hataların gün ve saat olarak negatif değerler alması ise tahmin edilenden daha fazla tüketim olduğu ve Karaman OSB için 2018 Ekim ayında yük talebinde toplam tüketimin günlük olarak 500.000 kWh değerlerine ulaştığı düşünüldüğünde $\pm\%10$ oranında değişiklik olması da doğaldır. Sadece, 28 Ekim günü öğleden sonra başlayan ve ardından normalde haftanın ilk iş günü olan 29 Ekim 2018 tarihinde Cumhuriyet Bayramı resmi tatil olması yani birçok katılımcı firmanın üretim yapmamış olması sebebiyle tahmin sürecinde açıklanabilecek büyük bir sapma meydana gelmiştir.

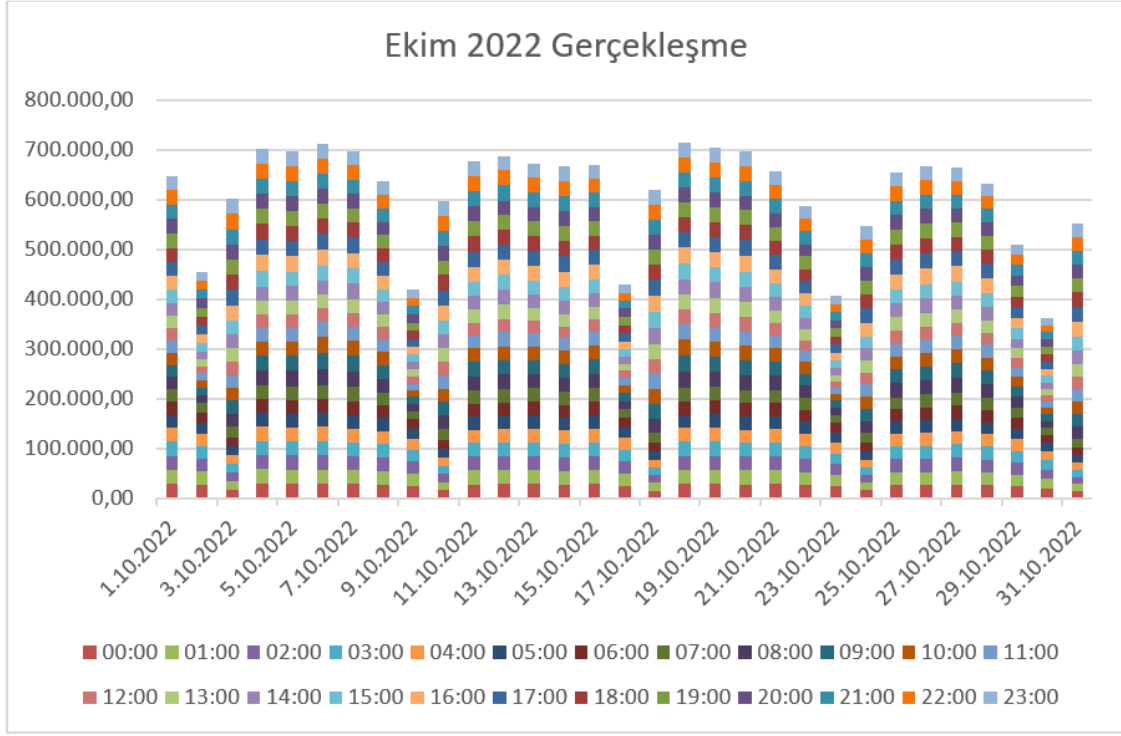
5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, Karaman Organize Sanayi Bölgesi 2018 yılı elektrik tüketim verilerine dayalı olarak tahmin ve gerçekleşme kWh verileri için bir örneklem sunulmuştur. Bu örneklem Otomatik Sayaç Okuma Sistemi (OSOS) ile belirlenen gerçekleşme tüketim

değerlerine göre tahminlerin karşılaştırmasına ait korelasyon için yığın ve dağılım grafikleri ile açıklanmıştır. Genel olarak 2018 yılı Ekim ayı verilerine göre tahmin ile gerçekleşme değerleri arasında toplam günlük tüketim değerlerinin 500.000 kWh olduğu göz önünde bulundurulduğunda yaklaşık %10 gibi hata oranı olduğu belirlenmiştir. MS Excel yazılımında geliştirilmiş olan Ekim 2018'den önceki iki ayın tüketim verilerine dayalı hesaplama yaptırılan tahmin formülünde gerçekleşen en büyük hatanın ise 29 Ekim Cumhuriyet Bayramı resmi tatili günü yaşandığı da açıklanmıştır. Bu bağlamda, bu formülasyonun milli ve dini bayram tatil günlerinin hafta içi iş günlerine rastladığı resmi tatillerde birçok katılımcı firmanın üretim yapmayışından elektrik tüketiminin çok az değerlerde olmasını tahmin etmede sınırlı olduğu söylenebilir. Buna rağmen, herhangi bir yapay zekâ tekniği kullanmaksızın OSOS sisteminden elde edilen MS Excel verilerine dayalı olarak kullanılabilir bir elektrik tüketim tahmin işlemidir. Karaman Organize Sanayi Bölgesi elektrik tüketimi güncel verileri olarak Şekil 10'da ve Tablo 4'te sunulan Ekim 2022 gerçekleşme verilerine göre günlük taleplerin 700.000 kWh değerini aştığı açıkça görülmektedir. Ayrıca, 29 Ekim Cumhuriyet Bayramı resmi tatili 28 Ekim 2022 Cuma günü öğleden sonra başladığı için elektrik enerjisi tüketiminin azaldığı da belirlenmiştir.

Tablo 4: Karaman Organize Sanayi Bölgesi Ekim 2022 aylık kWh olarak elektrik tüketim verileri.

Saat/Gün	1.10.2022	2.10.2022	3.10.2022	4.10.2022	5.10.2022	6.10.2022	.....	26.10.2022	27.10.2022	28.10.2022	29.10.2022	30.10.2022	31.10.2022
00:00	28.810,50	27.067,15	17.730,56	29.544,78	29.379,80	29.397,50	.....	26.677,92	27.980,68	26.554,80	24.230,80	19.807,85	14.539,80
01:00	28.766,50	26.863,40	17.451,91	29.242,60	28.741,50	28.940,76	.....	26.772,92	27.320,80	25.986,68	24.070,80	19.203,92	14.354,00
02:00	28.223,50	25.756,40	17.411,56	28.540,16	28.162,67	28.843,85	.....	26.164,04	26.535,68	25.691,68	23.701,68	18.592,80	14.261,00
03:00	28.314,55	25.016,40	17.010,56	28.713,80	28.476,40	28.637,50	.....	26.245,80	26.753,80	25.637,80	23.713,68	18.512,92	14.230,85
04:00	27.113,50	23.902,40	17.393,83	27.806,80	28.001,40	28.189,50	.....	26.225,92	26.362,68	24.918,80	22.870,85	17.884,80	14.404,84
05:00	27.150,50	23.171,45	17.205,56	28.012,50	27.810,40	27.605,80	.....	25.754,80	25.882,68	24.575,80	22.303,68	17.355,92	14.774,92
.....
20:00	28.996,40	18.015,86	29.575,40	30.273,40	29.656,36	29.828,00	.....	28.735,68	27.545,68	26.910,04	20.817,85	14.714,93	26.863,68
21:00	29.416,80	18.040,56	30.428,18	30.470,60	30.054,90	30.434,50	.....	29.390,68	27.895,80	26.855,80	21.045,92	14.867,92	27.326,68
22:00	28.533,30	18.093,91	30.379,18	30.353,40	29.897,76	30.178,50	.....	29.251,80	27.969,80	26.214,68	20.855,80	14.464,80	27.896,80
23:00	28.170,70	17.913,48	29.720,30	29.841,40	29.830,20	29.720,40	.....	28.578,68	27.677,72	25.223,92	20.616,00	14.558,81	27.280,68



Şekil 10. Karaman OSB 2022 Ekim ayı kWh olarak gerçekleşen tüketim yığılmış sütun grafiği.

Gelecekte yapılabilecek çalışmalar olarak yapay zekâ teknikleri ile elektrik tüketim değerlerinin tahmin ve sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilebilir ve bu çalışmada elde edilen hata oranı ile karşılaştırmalı ileri düzey analizler yapılabilir. Son olarak, Karaman OSB’de OSOS ve SCADA sistemi yenilenmiş ve bilişim sistemi tabanlı olarak “Akıllı Enerji Yönetim Sistemi” kurulmuştur. Böylece, elektrik, su ve doğalgaz sayaçları uzaktan izleme sistemi ile tüketim verileri alınabilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi (KMÜ) Rektörlüğü ile Karaman Organize Sanayi Bölgesi (OSB) Yönetim Kurulu Başkanlığı arasında Mart 2022 tarihinde imzalanan üniversite-sanayi işbirliği protokolü kapsamında KMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı sanayi odaklı lisansüstü tezi olarak yürütülmektedir. Bu protokol, Mevlana Kalkınma Ajansı (MEVKA) tarafından

desteklenen “TR52/20/KAYNAK-01/0005” sözleşme numaralı “Karaman OSB'de Verimli Kaynak Kullanımı İçin Bilişim Teknolojileri Tabanlı Akıllı Enerji Yönetim Sistemi Kurulumu” adlı projenin somut çıktılarında biri olarak çarpan etkisinin artırılması amacıyla Üniversite Sanayi İşbirliği kapsamında Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü ile proje başvuru sahibi Karaman Organize Sanayi Bölgesi Yönetim Kurulu Başkanlığı arasında yapılacak işbirliklerine ilişkin usul ve esasları kapsamaktadır. Bundan dolayı, çalışmaya katkılarında dolayı Mevlana Kalkınma Ajansı (MEVKA), Karaman Organize Sanayi Bölgesi Yönetim Kurulu Başkanlığı ve KMÜ Rektörlüğü'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- [1] Azadeh A., Ghaderi SF., Sohrabkhani S., Annual electricity consumption forecasting by neural network in high energy consuming industrial sectors, *Energy Conversion and Management*, 49(8), pp.2272-2278, (2008).
- [2] Bagnasco A., Fresi F., Saviozzi M., Silvestro F., Vinci A., Electrical consumption forecasting in hospital facilities: An application case, *Energy and Buildings*, Vol. 103, pp.261-270, (2015).
- [3] Bracale A., Carpinelli G., Falco PD., Hong T., Short-term industrial reactive power forecasting, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Vol. 107, pp.177-185, (2019).
- [4] Daut MAM., Hassan MY., Abdullah H., Rahman HA., Abdullah MP., Hussin F., Building electrical energy consumption forecasting analysis using conventional and artificial intelligence methods: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 70, pp.1108-1118, (2017).
- [5] Eldem MO., Akıllı Şebekeler, TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni 2017/2, pp.6-9, Türkiye, (2017).
- [6] Jain G., Saini, VK., Impact of Cross-Border Electricity Trade on Bhutan (Country Series), Working Paper: South Asia Regional Initiative For Energy Integration (SARI/EI), September, (2016).

- [7] Kaboli, SHA., Selvaraj J., Rahim NA, Long-term electric energy consumption forecasting via artificial cooperative search algorithm, *Energy*, 115(1), pp.857-871, (2016).
- [8] Khatoon S., Ibraheem, Singh AK., Priti, Effects of various factors on electric load forecasting: An overview, *IEEE 6th Power India International Conference (PIICON)*, 05-07 December 2014, Delhi, India, IEEE. pp. 1-5.
- [9] Kim TY., Cho SB., Predicting residential energy consumption using CNN-LSTM neural networks, *Energy*, Vol. 182, pp.72-81, (2019).
- [10] Laanetu M., Hõbejõgi T., Mazikas A., Valtin J., Basis and method for electrical power grid development planning, *IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)*, 07-10 June 2016, Florence, Italy, pp. 1-6.
- [11] Lin FJ., Chen Y., Lu SY., Hsu Y., The Smart Grid Technology Development Strategy of Taiwan, *Smart Grid and Renewable Energy*, No.7, pp.155-163, (2016).
- [12] Makoklyuev BI., Analysis and planning of power consumption, *Energoatomizdat*, pp. 296, (2008).
- [13] Makoklyuev BI., Polizharov AS., Antonov, AV., Methods and instruments for power consumption forecasting in electric power companies, *IEEE 5th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives (POWERENG)*, 11-13 May 2015, Riga, Latvia, IEEE. pp. 268-271.
- [14] Walther J., Weigold MA., Systematic Review on Predicting and Forecasting the Electrical Energy Consumption in the Manufacturing Industry, *Energies*, Vol. 14, No. 968, (2021).
- [15] Yan K., Wang X., Du Y., Jin N., Huang H., Zhou H., Multi-Step Short-Term Power Consumption Forecasting with a Hybrid Deep Learning Strategy. *Energies*, 11(11):3089, (2018).
- [16] Zemene F., Khedkar V., Survey on Machine Learning based Electric Consumption Forecasting using Smart Meter Data, *International Journal of Computer Applications* 180(6):46-52, (2017).
- [17] Zhivov AM., Case M., Liesen R., Kimman J., Broers W., Energy Master Planning Towards Net-Zero Energy Communities/Campuses, Published in *Ashrae Transactions*, 120(1), pp.114-129, (2014).