



İstanbul İli Avrupa Yakası İçin Uzun Dönem Elektrik Enerjisi Yük Tahmini Long Term Load Forecasting For Istanbul European Side

Sibel Örün, Canan Karatekin

Elektrik Mühendisliği
İstanbul Teknik Üniversitesi
orunsibel@gmail.com, karatekin@itu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, İstanbul İli, Avrupa Yakası'nı besleyen iletim hatları için yeterlilik analizi yapılmıştır. Bunun için ilk aşamada söz konusu bölge için elektrik enerjisi yük tahmini yapılmıştır. Tahmin yöntemi olarak regresyon analizi seçilmiş olup, işlemi gerçekleştirmek için MATLAB programı kullanılmıştır. İletim sistemi analizinde ise veriler, puant yük durumuyla ilişkili olarak seçilmiştir.

Modellenen bölgenin 2025 yılına dek puant yük tahmini yapılmıştır. Şehrin nüfus ve GSMH(Gayri Safi Milli Hasıla) verileri bağımsız değişken olarak alınmıştır.

İstanbul Avrupa Yakası'nı modellemek için gerekli veriler TEİAŞ'tan alınmış, modelleme yapmak için Powerworld simülasyon programı kullanılmıştır.

Sonuç olarak 2025 yılına dek yapılan tahminler doğrultusunda Habibler-İkitelli, Alibeyköy-Yıldıztepe, Alibeyköy-Atısalanı arasında bulunan 380 kV'luk iletim sistemlerinde aşırı yüklenmeyle karşılaşılmıştır.

Abstract

This study contains that analysis of transmission line proficiency in European Side, Istanbul. Firstly, load forecasting for this area is done.

Regression analysis method has been selected for the load forecasting, alsoused MATLAB. Data in transmission system analysis depends on maximum load. Secondly, maximum load forecasting are shown up to the year of 2025, at this area. City population and National Income (GSMH) values are selectedin dependently.

For modelling European side of Istanbul, related data staken from TEİAŞ and used in Powerworld Simulator. Finally, for the load forecasting up to the year of 2025, overloading line is seen.

1. Giriş

Günümüz insanların hayat standartları göz önünde bulundurulduğunda, elektrik enerjisinin ne kadar vazgeçilmez olduğu görülmektedir. Bu durum, enerji üretimi planlamasını daha da önemli kılmıştır. Elektrik enerji sistemi planlamasının ilk adımı, yük tahminidir. Yük ve üretim de artış olduğu zaman iletim sisteminin de bu artışlara ayak uydurması gerekir [1]. Tüketici talebinin kaliteli, ekonomik ve güvenilir karşılanabilmesi için, başarılı bir talep tahmini çalışmasında bulunmak ve yapılacak olan yatırımları, yapılan tahmine göre tamamlamak çok önemlidir.

Tahminden önemli derecede sapmalar özellikle elektrik piyasa yapısında ya üretim şirketlerinin gereğinden fazla şekilde artmasıyla ya da müşteri talebinin karşılanamamasıyla sonuçlanır [2].

Uzun dönem yük tahmini için klasik tahmin yöntemleri [3],[4] kararlı, oturmuş elektrik sistemlerine rahatlıkla uygulanabilirken, dinamik, hızlı gelişen güç sistemlerine yeni tahmin yöntemlerinin uygulanması gerekir [2]. Uzman sistemler (Expertsystem), yapay sinir ağları, zaman serileri ve istatistiksel yöntemler uzun dönem yük tahmininde kullanılan yöntemlerdir.

Kısa ve orta dönemde yapılan yük tahmini çalışmalarında yapay sinir ağları yöntemi, çok fazla veriyi hızlı ve daha az hata oranı ile işleme almayı sağladığı için tercih edilmektedir [5],[6]. Ancak yeterli miktarda veri bulunmadığında bu yöntemlerin uygulanabilirliği ortadan kalkmaktadır. Cezayir ulusal elektrik şirketinden elde edilen veriler doğrultusunda yapılan çalışmada [7], veri eksikliğinden dolayı yapay sinir ağı, bulanık mantık gibi yöntemler kullanılmamıştır ve çoklu (doğrusal ve üssel) regresyon analizi yöntemi tercih edilmiştir.

Elektrik enerji sistemi planlamasında gelecekteki talebin tahmin edilmesi, temel unsurlardan biridir [8]. Geleceğe yönelik planlama yaparken çok fazla belirsizlik ile karşı karşıya kalınmaktadır. Daha fazla parametreyi tahmin işlemine dahil edebilmek için, planlamanın yapılacağı bölgenin dinamiklerine bağlı olarak birleştirme metodundan faydalanılabilir [9],[12]. Adaptif ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi ve lineer regresyon analizinin birlikte kullanıldığı [13]'de; GSMH, nüfus, ekonomik ve sosyal faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Sosyal, ekonomik ve toplumsal açıdan istikrarlı olan bölgelerin enerji sistemi planlanırken ise regresyon analizi yöntemi kolaylıkla uygulanabilmektedir [14],[15]. İstanbul Avrupa Yakası'nda bulunan aboneler incelendiğinde artmakta olan kesimin çok büyük bir bölümünün konut tüketicilerinden oluştuğu görülmektedir. Bununla birlikte nüfus artışı incelendiğinde neredeyse doğrusal bir artış eğilimi gösterdiği bilinmektedir. Mevcut koşullar göz önüne alındığında söz konusu bölge için uzun dönemde yük tahmini yaparken regresyon analizi yöntemini kullanmak elverişli olmaktadır.

2. Elektrik Enerji Sistemlerinde Planlama

Elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımındaki amaç, enerjinin tüketicilere ucuz ve kaliteli olarak ulaştırılmasıdır. Tüketicilere güvenilir, ekonomik ve kaliteli elektrik enerjisi

sağlayabilmek için mevcut elektrik enerji sistemlerinin gelecekteki elektrik enerji ihtiyacını ve puant yükü karşılayabilecek şekilde büyütülmesi gerekmektedir.

2.1. Planlama Süreci

- Yük tahmini
- Üretim sistemi planlaması
- İletim sistemi planlaması
- Dağıtım sistemi planlaması
- Yakıt imkanlarının planlanması
- Yöneylem planlaması
- Çevresel planlama
- Ekonomik planlama
- Araştırma ve geliştirme planlaması

2.2. Yük Tahmini ve Amacı

Üretim, iletim ve dağıtım sistemlerine ilave yapılacağı zaman, onların yerine ve kapasitesine karar vermek için yük tahmini kullanılır. İyi bir yük tahminine bağlı kalarak yapılmış planlamaların sonucunda tüketicilere ekonomik, kaliteli ve güvenilir enerji sağlanabilir [16].

Eğer yapılan yük tahmini, gerçekteki talebin çok altında ise; bu talebe bağlı kalınarak yapılan planlamaların sonucunda tüketiciye sunulan elektrik arzını sınırlandırmak gerekir. Bu durumun sonucunda ise sistem güvenilirliği azalacaktır. Aksi durumda, yapılan yük tahmini gerçekteki talebin çok üzerinde ise; yapılan planlamalara gereğinden fazla sermaye ayrılır ve talep fazlası enerjiden dolayı sistem düşük kapasiteyle çalıştırılır.

Yük tahmini genel olarak kısa dönem, orta dönem ve uzun dönem olmak üzere üç grupta toplanır [16].

2.2.1. Kısa Dönem Yük Tahminleri

Yarım saat ile bir aylık zaman dilimini kapsayan yük tahminleridir. Hava koşulları, kısa dönem yük tahminleri için çok önemli verilerdir. Günlük yük eğrisindeki puant değerlerin tespitinde ve generatörlerin devreye girip çıkacağı zamanların tespitinde kullanılır.

2.2.2. Orta Dönem Yük Tahminleri

Bir ay ile üç yıllık zamanı kapsayan talep tahminleridir. Kısa sürede devreye alınabilecek santrallerin planlanması aşamasında kullanılır.

2.2.3. Uzun Dönem Yük Tahminleri

Üç yıldan daha uzun süreyi kapsayan yük tahminleridir. Otuz yıllık zaman dilimini kapsayabilen bu tahminler, ülkenin ileriye yönelik enerji planlamasının ilk adımı olarak kabul edilebilirler. Yeni enerji santrali kurmak zaman alan bir süreç olduğu için, gelecekte talep edilecek olan enerjinin doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi gerekmektedir. Uzun dönem yük tahmini yaparken göz önüne alınması gereken ekonomik ve teknolojik gelişmelerden bazıları aşağıdaki gibidir;

- Nüfus artış hızı
- Gayri safi milli hasıla (GSMH)
- Bölgedeki büyüme oranı
- Sanayileşme oranı
- Enerji kaynaklarının elde edilebilirliği

Uzun dönem yük tahmini yapılırken bu değişkenlerden yararlanmak gerekir. Söz konusu verileri tahmin işleminde kullanabilmek için ise, verilerin geçmişteki değerlerinin bilinmesi ve gelecekte alacağı değerlerin doğru bir şekilde tahmin edilebilmesi gerekmektedir.

2.3. Yük Tahmin Yöntemleri

Yük tahmin yöntemleri genel olarak üç grupta toplanabilir : İstatistiksel Yöntemler, Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık [8]. Yük tahmini için birçok yöntem geliştirilmiş olup; Regresyon, Zaman Serileri Analizi gibi yöntemlerden sonra bilgisayarlar yardımıyla çok hızlı sonuç verebilen Bulanık Mantık, Yapay Sinir Ağları gibi yöntemler de son dönemlerde önem kazanmıştır. Bu yöntemlerin birleştirilmesiyle yapılmış tahmin çalışmaları da literatürde yer almaktadır [9],[11],[12].

3. Regresyon Analizi

Regresyon analizi, bir tahmin işlemidir. Kullanılacak olan parametreler tahmin edildikten sonra bağımlı değişkenin alacağı değerler saptanabilmektedir [17]. Bağımsız değişkenler (x_i) ile bağımlı değişkenler (y_i) arasındaki ilişki matematiksel olarak ifade edilmektedir. En küçük kareler yöntemi, regresyon analizinde en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntem ile değişkenler arasındaki ilişkiyi matematiksel bir fonksiyon olarak ifade edebilmek için doğrusal, eğrisel, üssel, logaritmik gibi pek çok eğri modeli kullanılabilir.

3.1. Regresyon Analizi ile Doğru Uydurma

Doğru denklemi;

$$g(x)=a_0+a_1x \quad (1)$$

olarak tanımlansın. Bu denklemde yer alan a_0 ve a_1 katsayılarını bulmak için;

$$\begin{bmatrix} n+1 & \sum x_i \\ \sum x_i & \sum x_i^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_0 \\ t_1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} s_0 & s_1 \\ s_1 & s_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_0 \\ t_1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

denklemlerini çözmek gerekir. Bu denklemler çözüldüğünde ise;

$$s_0 \cdot a_0 + s_1 \cdot a_1 = t_0 \quad (4)$$

$$s_1 \cdot a_0 + s_2 \cdot a_1 = t_1 \quad (5)$$

denklemlerinden a_0 ve a_1 katsayıları elde edilir. Bu katsayılar (1) nolu denklemde yerine yazılırsa, doğru denklemi elde edilmiş olur.

3.2. Regresyon Analizi ile 2. Dereceden Eğri Uydurma

Eğri denklemini aşağıdaki gibi tanımlayacak olursak;

$$g(x)=a_0+a_1 \cdot x+a_2 \cdot x^2 \quad (6)$$

şekline dönüşecektir. Buradan, a_0 , a_1 ve a_2 katsayıları, denklem takımının çözülmesi ile bulunarak yerine yazılırsa 2. dereceden eğri denklemi elde edilir.

$$\begin{bmatrix} n+1 & \sum x_i & \sum x_i^2 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum f(x_i) \\ \sum [x_i \cdot f(x_i)] \\ \sum [x_i^2 \cdot f(x_i)] \end{bmatrix} \quad (7)$$

3.3. Çoklu Regresyon Analizi

Bir tane bağımlı değişkene karşı (y_i), birkaç bağımsız değişkenin olduğu durumda regresyon denklemi;

$$g(x)=a_0+a_1.x_1+a_2.x_2 \quad (8)$$

şeklinde tanımlanır. Aşağıdaki matrisle ilgili değerler yerine konur ve denklem takımı çözülür. Böylece a_0 , a_1 ve a_2 katsayıları bulunarak denklem çözülür.

$$\begin{bmatrix} n+1 & \sum x_i & \sum x_i^2 \\ \sum x_i & \sum x_i^2 & \sum x_i^3 \\ \sum x_i^2 & \sum x_i^3 & \sum x_i^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y \\ \sum x_1 \cdot y \\ \sum x_2 \cdot y \end{bmatrix} \quad (9)$$

3.4. Regresyon Analizi ile İstanbul Avrupa Yakası İçin Puant Yük Tahmini

Bu çalışmada regresyon analizi yapılırken, Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH), İstanbul Avrupa Yakası'na ait nüfus bilgileri ve geçmiş yıllara ait puant yük değerleri değişken olarak kullanılmıştır.

İstanbul Avrupa Yakası'nın geçmiş yıllara ait nüfus değerleri ve GSMH için TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) veritabanından faydalanılmıştır. İstanbul puant yük verileri içinse BEDAŞ'tan (Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş.) bilgi edinilmiştir. Kullanılan veriler, yıllık yüzde artış oranları ile birlikte, Çizelge 1'de yer almaktadır.

Çizelge 1: Regresyon analizinde kullanılan veriler

Yıl	Puant		GSYH		Nüfus	
	MW	Artış Oranı (%)	Milyon TL	Artış Oranı (%)	Kişi	Artış Oranı (%)
2004	3459	3,56	83.486	7,75	7464509	2,99
2005	3587	7,36	90.500	6,46	7695238	2,91
2006	3872	3,96	96.738	4,46	7925967	2,82
2007	4032	6,64	101.255	0,65	8156696	1,93
2008	4273	-6,00	101.922	-4,97	8318043	1,90
2009	4031	6,68	97.088	8,13	8479390	1,86
2010	4320	-0,25	105.680	8,00	8640737	1,83
2011	4309	-5,15	114.874	2,38	8802084	1,80
2012	4543	0,67	117.675	3,80	8963431	1,76
2013	4574	0,68	122.330	3,95	9124778	1,80

Bağımsız değişkenler olarak geçmiş yıllara ait GSMH (x_{1i}) ve nüfus (x_{2i}) değerleri alınmıştır. Bağımlı değişken olarak ise geçmiş yıllara ait puant yük değerleri (y_{1i}) kullanılmıştır. GSMH ve nüfus verileri ile puant yük değerini elde edecek denklemi oluşturmak için seçilen model, çok değişkenli doğru modelidir.

Regresyon analizi sonucunda elde edilen puant denklemi;

$$y = -9,7988 + 0,0156.x_1 + 0,0003.x_2 \quad (10)$$

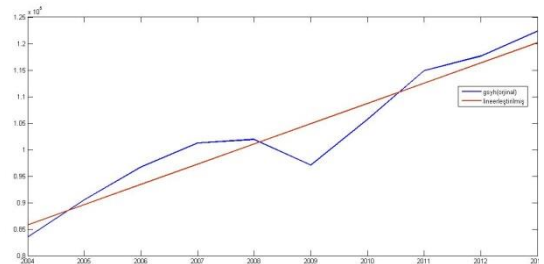
olarak bulunmuştur.

Denklem, ortalama % 0,17'lik hata ile sonuç vermektedir. Denklem sonucunda çıkan değerlerin gerçek değerlerle karşılaştırılması Çizelge 2'de verilmiştir.

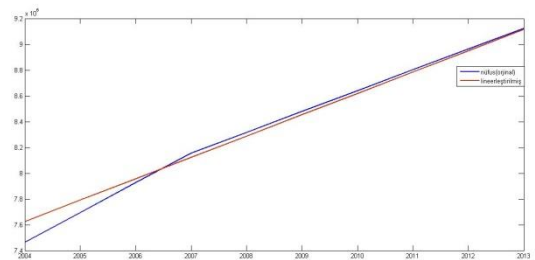
Çizelge 2: Puant tahmini test sonuçları

Yıl	Puant	GSYH	Nüfus	Test	%Hata
2004	3459	83486	7464509	3531	2,039
2005	3587	90500	7695238	3710	3,315
2006	3872	96738	7925967	3877	0,129
2007	4032	101255	8156696	4016	-0,398
2008	4273	101922	8318043	4075	-4,859
2009	4031	97088	8479390	4048	0,420
2010	4320	105680	8640737	4231	-2,104
2011	4309	114874	8802084	4422	2,555
2012	4543	117675	8963431	4514	-0,642
2013	4574	122330	9124778	4635	1,316

İleriye yönelik tahmin yapabilmek için, işleme alınacak yıllar arasındaki GSMH ve nüfus tahminleri bilinmelidir. Bu aşamada MATLAB kullanılarak GSMH ve nüfus değerlerinin artış grafikleri çizdirilmiş, söz konusu grafikler için, bu değerlerin doğrusal artış gerçekleştirileceği varsayılmıştır.



Şekil 1: GSMH için oluşturulan doğrunun grafiği



Şekil 2: Nüfus için oluşturulan doğrunun grafiği

Oluşturulan doğru modellerine dayanarak GSMH ve nüfus değişkenlerinin 2025 yılına dek alacağı değerler tahmin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 3'deki gibidir.

Çizelge 3: İstanbul Avrupa Yakası için nüfus ve GSMH tahminleri

Yıl	GSMH	Nüfus
2014	123976	9280500
2015	127792	9446000
2016	131608	9611500
2017	135424	9777000
2018	139240	9942500
2019	143056	10108000
2020	146872	10273500
2021	150688	10439000
2022	154504	10604500
2023	158320	10770000
2024	162142	10930000
2025	165968	11095000

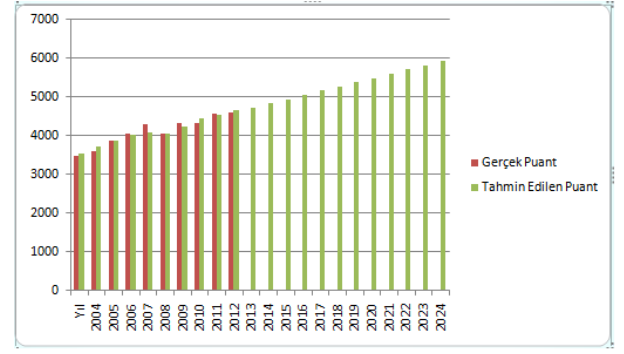
İlgili değişkenler, elde edilen regresyon denkleminde (10) yerine yazıldığında 2014-2025 yılları arasındaki puant yük tahminleri bulunmuş olunur. Söz konusu tahmin işleminin sonuçları aşağıdaki çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 4: 2014-2025 yılları arası İstanbul Avrupa Yakası için puant yük tahmini sonuçları

Yıl	GSMH	Nüfus	Tahmin Sonuçları (MW)
2014	123976	9280500	4708
2015	127792	9446000	4817
2016	131608	9611500	4926
2017	135424	9777000	5035
2018	139240	9942500	5145
2019	143056	10108000	5254
2020	146872	10273500	5363
2021	150688	10439000	5472
2022	154504	10604500	5581
2023	158320	10770000	5690
2024	162142	10930000	5798
2025	165968	11095000	5907

Bu sonuçlara göre İstanbul İli Avrupa Yakası puantının yıllara göre grafiksel gösterimi Şekil 3’de verilmiştir.

Tahminlere göre 2014-2025 yılları arası; GSMH % 25,30 oranında, İstanbul İli, Avrupa Yakası nüfusu ise % 16,40 oranında artış gösterecektir. Bu duruma bağlı olarak puant yük ise % 20,30 oranında artış göstererek 2025 yılında tahmini olarak 5907 MW değerinde olacaktır.



Şekil 3: Puant yük artış grafiği

4. İstanbul Avrupa Yakası’nda Bulunan İletim Sisteminin Modellenmesi ve Yeterlilik Analizi

Çalışmanın bu aşamasında İstanbul Avrupa Yakası’nı besleyen trafo merkezleri ve aralarındaki hatlar modellenmiştir. Modelleme yapılırken Powerworld programı ile sistemin simülasyonu yapılmış ve yük akışı gösterilmiştir. Modellemede yalnızca 380 kV’luk iletim hatları gösterilmiş olup, kullanılan trafo merkezlerinin ve santrallerin parametreleri programa girilmiştir.

Sistem modellemesi yapılırken bölgeyi besleyen trafo merkezlerinin ve aralarındaki iletim hatlarının karakteristikleri, bölgenin 380 kV ve 154 kV’luk sistem tek hat şeması TEİAŞ’tan alınmıştır. Modellemede trafo ve hatların baz gerilim, çalıştıkları gerilim kademesine göre 154 kV veya 380 kV olarak seçilmiştir. Hatların uzunluğu programa aktarılarak iletim sisteminde modellenen her bir hattın reaktans değerleri hesaplanmıştır.

Yalnızca 380 kV iletim sistemi modellendiği için 154 kV sistem, yük olarak gösterilmiştir. Burada coğrafi açıdan yakınlık ve Elektrifikasyon Şeması göz önünde bulundurulmuştur.

5. Sonuçlar

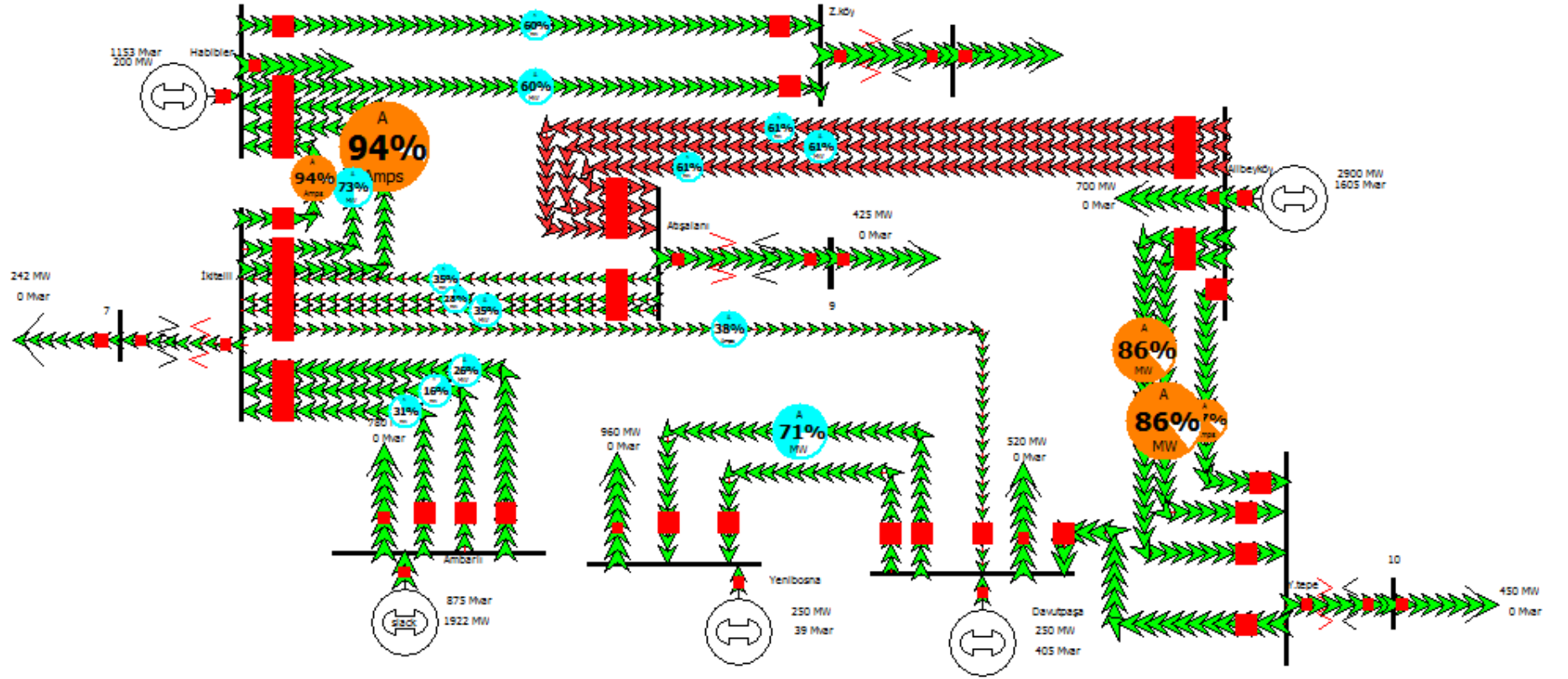
Yük tahmini için pek çok metod bulunmakta olup, bu çalışmada regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır. Yük değişimine bağlı diğer değişkenler analiz edilerek, bu değişkenlerle ilişkili matematiksel ifade ortaya konulmuştur. Böylece nüfus ve GSMH değişkenlerine bağlı olarak geleceğe yönelik yük tahmini ortaya konmuştur.

Söz konusu çalışmada, İstanbul Avrupa Yakası’nda 2014 yılından 2025 yılına dek %20,30’luk bir puant artışı tespit edilmiştir. Bu puant artışı, 380 kV’luk iletim sistemleri açısından incelenmiştir.

2013 yılı puant değerlerine uygun olarak tasarlanan sistemin yük akışı için oluşturulan simülasyonda herhangi bir aşırı yüklenme durumu söz konusu değildir.

Sistem, 2025 yılı için öngörülen puant enerji talebine göre çalıştırıldığında ise bazı hatlarda yük yoğunluğu tespit edilmiştir. Habibler-İkitelli baraları arasındaki yük yoğunluğu %94, Alibeyköy-Yıldıztepe baraları arasında ise %86 olduğu görülmüştür. İletim sisteminin sağlıklı bir şekilde çalışmaya

Ek B



Şekil B: 2025 yılı puant yüküne göre güç akışı simülasyonu.