



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONYA İLİ İÇİN RÜZGÂR HIZININ MODELLENMESİ

Emine KARAKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İstatistik Anabilim Dalını

Ağustos-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONYA İLİ İÇİN RÜZGÂR HIZININ MODELLENMESİ

Emine KARAKAYA

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İstatistik Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. İsmail KINACI

2019, 51 Sayfa

Jüri
Doç.Dr. İsmail KINACI
Dr.Öğr.Üyesi Aydın KARAKOCA
Dr.Öğr.Üyesi Demet SEZER

Rüzgâr enerjisinin önemi, son zamanlarda dünyanın birçok yerinde olduğu gibi Türkiye'de de artmaktadır. Türkiye'de birçok merkezde rüzgâr türbinleri kurulmuş ve bunlardan enerji üretimi yapılmaktadır. Bu tez çalışmasında, Konya ilinin Doğanhisar, Altınekin ve Güneysınır ilçeleri için rüzgâr verileri üçer saatlik zaman dilimlerine ayrılmıştır. Bu üçer saatlik zaman dilimine ayrılmış olan veriler Exponential-Poisson, APT-Weibull, ALT-Exponential ve Mixed Weibull modelleri gibi bazı istatistiksel dağılımılar ile modellenmiştir. Düşünülen istatistiksel dağılımlar kullanılarak Doğanhisar, Altınekin ve Güneysınır ilçeleri için rüzgâr türbinlerinin potansiyel rüzgâr enerjisi üretimi tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Altınekin, Doğanhisar, Güneysınır, İstatistiksel Modelleme, Konya, Rüzgâr Hızı

ABSTRACT

MS THESIS

MODELLING OF WIND SPEED FOR KONYA

Emine KARAKAYA

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN STATISTICS

Advisor: Assoc.Prof. İsmail KINACI

2019, 51 Pages

Jury
Assoc.Prof. İsmail KINACI
Asst.Prof.Dr. Aydın KARAKOCA
Asst.Prof.Dr. Demet SEZER

Recently, importance of the wind energy is increasing in the world as well as Turkey. There are many wind turbines in many center of Turkey and wind energy is produced from these turbines. In this thesis, wind data for Doğanhisar, Altınekin and Güneysınır districts of Konya are divided into three hour periods. The three-hour periods data has been modeled by some statistical distributions such as Exponential-Poisson, APT-Weibull, ALT-Exponential and Mixed Weibull models. Finally, we estimate the potential wind energy production of Doğanhisar, Altınekin and Güneysınır which are three districts of Konya for per wind turbine by using considered models.

Keywords: Altınekin, Doğanhisar, Güneysınır, Konya, Statistical Modelling, Wind Speed

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, her konuda yardımcı olan, çalışmalarıma yön veren tez danışmanım sayın Doç.Dr. İsmail KINACI' ya, maddi manevi desteğini her zaman hissettiğim değerli eşim Arş.Gör. Kadir KARAKAYA' ya ve canım oğlum Hasan Mirza' ya teşekkürlerimi bir borç bilirim. Ayrıca tezde kullanılan verileri temin eden Konya Meteoroloji 8. Bölge Müdürlüğü' ne teşekkür ederim.

Emine KARAKAYA
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Rüzgâr Türbinlerinin Tarihsel Gelişimi 3
1.2. Rüzgâr Türbinlerinin avantajları ve dezavantajları 4
1.3. Türkiye' de Rüzgâr Türbinleri 4
1.4. Konya' da Rüzgâr Türbinleri 8
1.5. Kaynak Araştırması 9

2. TEMEL KAVRAMLAR **11**

2.1. İstatistiksel Dağılımlar 11
2.1.1. Exponential-Poisson Dağılımı 11
2.1.2. Alpha-Power Transformation Weibull Dağılımı 11
2.1.3. Alpha-Logarithmic Transformation Exponential Dağılımı 12
2.1.4. Mixed Weibull Dağılımı 13
2.2. Tahmin 13
2.3. Uyum İyiliği Kriterleri 14
2.3.1. Akaiki Bilgi Kriteri 14
2.3.2. Bayesci Bilgi Kriteri 14

3. RÜZGÂR HIZININ MODELLENMESİ **15**

3.1. Doğanhisar ilçesi için rüzgâr hızının modellenmesi 15
3.1.1. 00:00-02:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 15
3.1.2. 03:00-05:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 16
3.1.3. 06:00-08:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 17
3.1.4. 09:00-11:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 19
3.1.5. 12:00-14:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 20
3.1.6. 15:00-17:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 21
3.1.7. 18:00-20:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 22
3.1.8. 21:00-23:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 23
3.1.9. Tüm saatler için rüzgâr hızının modellenmesi 24
3.2. Altınekin ilçesi için rüzgâr hızının modellenmesi 25
3.2.1. 00:00-02:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 25
3.2.2. 03:00-05:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 26
3.2.3. 06:00-08:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 28
3.2.4. 09:00-11:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 29
3.2.5. 12:00-14:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 30
3.2.6. 15:00-17:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 31
3.2.7. 18:00-20:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 32

3.2.8. 21:00-23:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 33
3.2.9. Tüm saatler için rüzgâr hızının modellenmesi 34
3.3. Güneysınır ilçesi için rüzgâr hızının modellenmesi 35
3.3.1. 00:00-02:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 35
3.3.2. 03:00-05:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 36
3.3.3. 06:00-08:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 37
3.3.4. 09:00-11:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 38
3.3.5. 12:00-14:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 39
3.3.6. 15:00-17:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 40
3.3.7. 18:00-20:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 41
3.3.8. 21:00-23:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi 42
3.3.9. Tüm saatler için rüzgâr hızının modellenmesi 43

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 45

4.1. Sonuçlar 45
4.1.1. Doğanhisar İlçesi İçin Sonuçların Değerlendirilmesi 46
4.1.2. Altınekin İlçesi İçin Sonuçların Değerlendirilmesi 47
4.1.3. Güneysınır İlçesi İçin Sonuçların Değerlendirilmesi 47
4.2. Öneriler 48

KAYNAKLAR 49

ÖZGEÇMİŞ 51

1. GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada ihtiyaç duyulan enerjinin büyük bir kısmı fosil yakıtlar olarak bilinen kömür, petrol ve doğalgazdan karşılanmaktadır. Dünya genelinde fosil yakıt kullanım oranı %87 civarlarında iken bu oran ülkemiz için %90 seviyelerindedir. Fosil yakıtların ülkelerin kalkınması için büyük öneme sahip olmasının yanı sıra hidrokarbon içerdiklerinden dolayı çevreye ve insanlara büyük ölçüde zararlar vermektedir. Bu zararlardan bazıları; asit yağmurlarına neden olmaları, ozon tabakasına zarar vermeleri, havadaki oksijen miktarını düşürerek hava kirliliğine sebep olmaları, iklim değişikliklerine sebep olmaları, su kirliliği yaratmaları, petrol savaşlarına neden olmaları, insan sağlığı üzerinde erken ölümlere sebebiyet verecek olumsuz etkilere sahip olmaları şeklinde sıralanabilir. Ülkemizde ve dünyada gelişmeye ve nüfus artışına paralel olarak enerji ihtiyacı ve dolayısıyla fosil yakıt tüketim miktarları her geçen yıl artış göstermektedir. Fosil yakıtlar için yukarıda sıralanan zararlar göz önünde bulundurulduğunda dünyanın geleceği için zararsız alternatif enerji kaynaklarının kullanımının artırılması gerekliliği tüm ülkelerin ortak görüşüdür. Bu alternatif kaynaklar güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidrolik enerjisi, jeotermal enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları olarak sıralanabilir. Bunlar arasında da rüzgâr ve güneş enerjisi ayrı bir öneme sahiptir. Günümüzde dünyada rüzgâr ve güneş enerjisi kaynaklarının kullanım oranı %1.6 iken bu oran ülkemizde %2.4 seviyelerindedir. Son zamanlarda yaşanan teknolojik gelişmeler sayesinde rüzgâr ve güneş enerjisinden daha fazla yararlanılmaya başlanması sadece enerji ihtiyacının karşılanması değil çevrenin korunması açısından da büyük öneme sahiptir.

Rüzgârın, coğrafi farklılıklara bağlı olarak, zaman içerisinde ve bölgelere göre özellikleri değişiklikler göstermektedir. Rüzgâr hızı yükseklik arttıkça artar ve gücü de hızının küpü ile orantılı olarak değişir. Rüzgâr enerjisi uygulamalarının ilk yatırım maliyetinin yüksek, kapasitesinin düşük oluşu ve değişken enerji üretimi gibi dezavantajları yanında sahip olduğu avantajlar genel olarak, atmosferde bol ve serbest olarak bulunması, yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağı olması, tükenme ve zamanla fiyatının artma riskinin olmaması, maliyetinin günümüz güç santraları ile rekabet edebilecek düzeye gelmiş olması, bakım ve işletme maliyetlerinin düşük olması, istihdam yaratması, hammaddesinin tamamıyla yerli olması, dışa bağımlılık

yaratmaması, teknolojisinin tesisinin ve işletilmesinin göreceli olarak basit olması, işletmeye alınmasının kısa bir sürede gerçekleşebilir olması şeklinde sıralanabilir.

Ülkemiz rüzgâr enerjisi üretiminde sahip olduğu 2658 adet rüzgâr türbininden elde ettiği enerji bakımından dünyada 11. sırada yer almaktadır. Bu konuda Avrupa'da ilk sırada sahip olduğu 28217 adet rüzgâr türbininden elde ettiği enerji ile Almanya bulunurken, dünyada birincilikte 104934 adet rüzgâr türbininden elde ettiği enerji ile Çin bulunmaktadır. GWEC raporuna göre 2016'da Almanya ve Fransa'dan sonra Avrupa'nın en yüksek rüzgâr enerjisi altyapısı ülkemizde kurulmuştur. Bu raporda AB dışında Avrupa'nın en büyük rüzgâr enerjisi pazarı olarak ülkemiz gösterilmekte ve potansiyelinin umut verici olduğu belirtilmektedir.

Rüzgâr türbinleri, her rüzgâr hızı için elektrik üretememekte, elektrik enerjisi üretimine ancak "Cut-in değeri" olarak adlandırılan 3-4 m/s değerinde başlamaktadır. Bunun yanı sıra sistemin hasar görmemesi için "Cut-out değeri" adı verilen 25-30 m/s ve yukarısındaki rüzgâr hızlarında rüzgâr türbinleri otomatik olarak durdurulmaktadır. Rüzgârdan enerji üretimi bu Cut-in ve Cut-out hızları arasında gerçekleşmekte olup maksimum enerji üretimi ise 11-15 m/s hızındaki rüzgârlardan elde edilmektedir. Bu bağlamda rüzgâr enerjisinden faydalanmada kullanılan türbin sayısının yanı sıra hiç şüphesiz ki türbinlerin konuşlandırılacağı konum da büyük öneme sahip olacaktır. Bu sebeple bölgesel bazda rüzgâr hızının modellenmesi, yıllık enerji potansiyelinin tahmin edilmesi ve türbin yerleştirmeye uygun olup olmadığının tespiti açısından büyük öneme sahiptir.

Bu çalışmada kullanılan veriler 10m yükseklikte kurulan istasyonlarda ölçülmüştür. Rüzgar tribünleri ise genellikle 50m yüksekliğe konumlandırılmaktadır. Bu sebeple 10m'de ölçülen rüzgar hızının 50m'deki karşılığı elde edilmelidir. Bu karşılık

$$v = v_{ref} \frac{\log(z / z_0)}{\log(z_{ref} / z_0)}$$

şeklindeki bir eşitlik kullanılarak elde edilebilmektedir. Burada $v(m/s)$ z yüksekliğindeki rüzgâr hızı, $z_{ref}(m)$ gözlenen rüzgâr hızının (v_{ref}) yüksekliği, $v_{ref}(m/s)$ z_{ref} yüksekliğindeki gözlenen rüzgâr hızı, $z(m)$ tahmin edilmek istenilen rüzgâr hızının (v) yüksekliği ve $z_0(m)$ pürüzlülük uzunluğudur.

1.1. Rüzgâr Türbinlerinin Tarihsel Gelişimi

Rüzgâr türbinlerinin ilkel bir versiyonu olan yel değirmenleri tahılları öğütmek ve suyu belirli bir yere pompalamak gibi amaçlarla yaklaşık 3000 yıldır kullanılmaktadır. Elektrik üretmek için yel değirmenlerinin kullanımı, 19. yüzyılda ABD'de Charles Brush tarafından inşa edilen 12 kW'lık doğru akım yel değirmeni jeneratörüne dayanmaktadır.1941 yılında 1250 kW'lık Smith-Putnam rüzgâr türbini ABD'de inşa edilmiştir((Tony, 2001).

(Golding ve Harris, 1976) ve (Spera, 1994) çalışmalarında ilk rüzgâr türbinlerinin gelişimi hakkında geniş bilgiler vermektedir. 1950 ve 1960 lı yıllarda Professor Ulrich Hutter yenilikçi ve daha hafif yapıya sahip birçok rüzgâr türbini inşa etmiştir.

1973 yılındaki petrol fiyatlarının aniden artması sonucunda, rüzgâr türbinlerinin geliştirilmesi amacıyla birçok proje ortaya çıkmıştır. Amerika' da 1975 yılında 38 metre çapında bir dizi prototip rüzgar türbini inşası başlamış olup bu çalışma 1897 yılında 97,5 metre çapında bir rüzgar türbinine ulaşmıştır. Buna benzer birçok çalışma İngiltere, Almanya ve İsveç'te de yapılmıştır. 1981'de ABD'de yenilikçi bir yatay rüzgâr türbini inşa edilmiş ve test edilmiştir.

1991 yılında, Vindeby' de kıyıya 3 km uzaklıkta 450 kWlık 11 adet rüzgâr türbini inşa edilmiştir. 1990lı yıllarda kıyıya yakın yerlerde az sayıda rüzgâr türbini yerleştirilirken, 2002 yılında Danimarka' da kıyıya yaklaşık 20 km uzaklıkta bulunan 160 MW lık Horns Rev isimli rüzgâr türbini kurulmuştur.

1990 yılından itibaren, elektrik enerjisi üretmek için rüzgâr türbinlerinin kullanımında en önemli sebep düşük karbondioksit salınımı olarak gözükmekte iken, 2006 yılından itibaren petrol fiyatındaki artış ve enerji arz kaynaklarının güvenilirliği rüzgâr enerjisine olan ilgilinin artmasına neden olmuştur. Birçok ülkede rüzgâr enerjisi kullanımını teşvik edici politikalar izlenmiştir. 2007 yılında Avrupa Birliği 2020 yılına kadar tüm enerjisinin %20 sini yenilenebilir enerji kaynaklarından elde etmesi gerektiğini ilan etmiştir. Rüzgâr türbinlerinin gelişimi ülkelere ve ihtiyaçlara göre değişiklik göstermektedir.

1.2. Rüzgâr Türbinlerinin avantajları ve dezavantajları

Rüzgâr enerjisinin avantajları enerji kaynağının temiz olması, herhangi bir emisyonunun bulunmaması, kaynağının yerli olası sebebi ile dış ülkelere olan bağımlılığının olmaması, rüzgâr enerjisinin doğada bulunması sebebi ile ücretsiz bir enerji kaynağı olması, yatırıma ayrılmış olan alanların %1 gibi az bir miktarını kullanması sebebi ile tarım ve hayvancılık faaliyetlerine engel teşkil etmemesi, atıl alanların bu amaçla kullanılabilir olması ve istihdam olanakları olarak sıralanabilir (https://www.mgm.gov.tr).

Rüzgâr enerjisinin dezavantajları ise ses ve görüntü kirliliği oluşturması, radyo ve televizyon sinyallerin üzerindeki olumsuz etkileri ve göç eden kuş yolları üzerinde bulunabilecekleri için kuşlara zarar verebilecek olmasıdır(https://www.mgm.gov.tr).

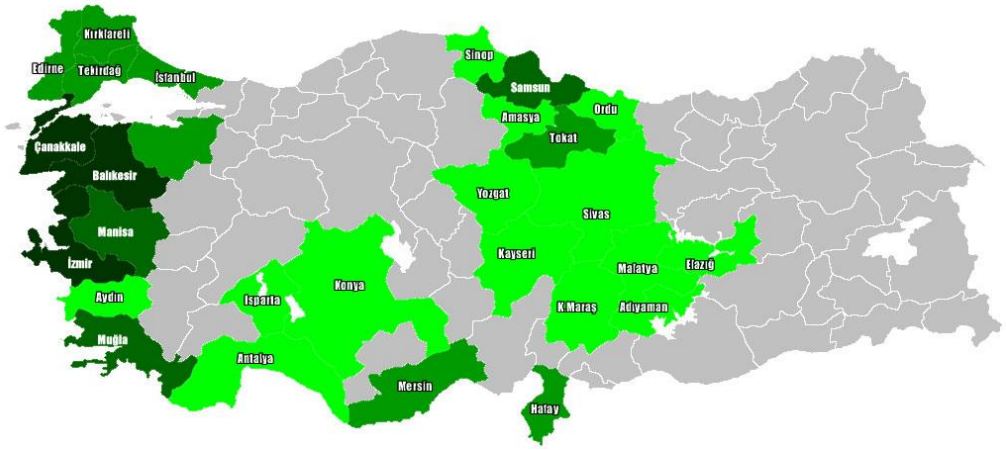
1.3. Türkiye' de Rüzgâr Türbinleri

Türkiye' de ilk rüzgâr santralleri yapımı 1998 yılında İzmir' de başlanmıştır. Bu rüzgâr santrallerinin toplam gücü 8.7 MW idi. 2005 yılına kadar Türkiye' de rüzgâr santralleri konusunda önemli bir değişim meydana gelmemiştir. 2005 yılında elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını başlatan yasa Meclisten geçerek yasalaşmıştır. Bazı teşvik edici adımlarında atılması ile 2012 yılı itibariyle rüzgâr santrallerinin toplam gücü 2000 MW ye ulaşmıştır. 2023 yılına kadar ulaşılmak istenen rüzgâr santrallerinin toplam gücü 20000 MW dir (Terzi, 2014). Ayrıca T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının yayınladığı rapora göre 2018 yılında işletmede olan rüzgâr enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 7.005 MW' tır. Türkiye' de illere göre rüzgâr santrali potansiyeli verileri Çizelge 1.1' de verilmiştir. Teorik potansiyeli en yüksek olan ilk üç il sırasıyla Balıkesir, Çanakkale ve İzmir iken bu tez çalışmasında ele alınan Konya ili 19. sıradadır. Bu bilgiler (https://www.enerjiatlasi.com/) sitesinden alınmıştır.

Çizelge 1.1. İllere göre rüzgâr santrali potansiyeli verileri

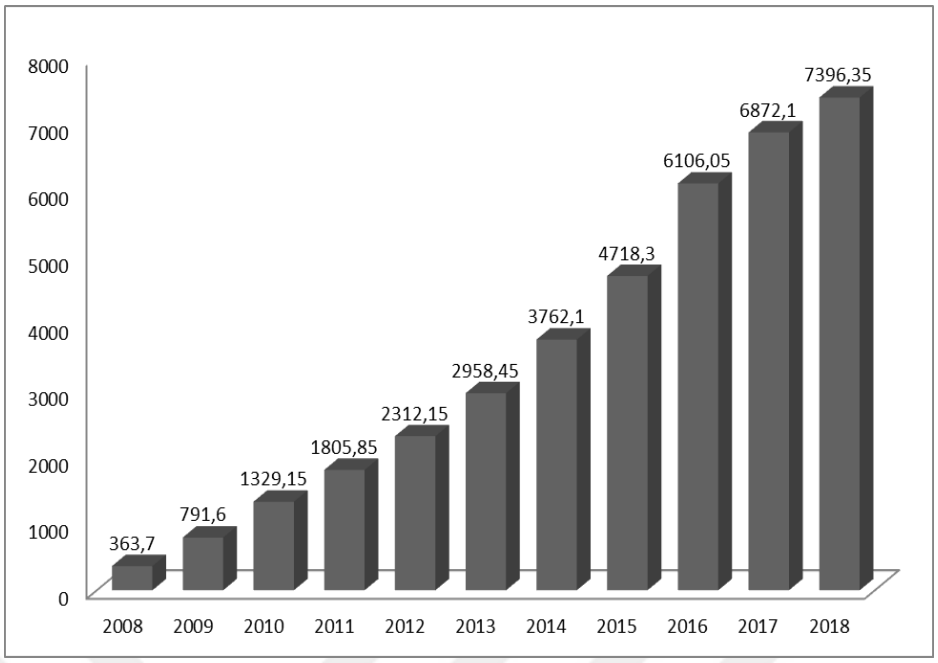
Sıra	İl	Teorik Potansiyel	Devrede	İnşaat	Lisans Alınan	Ön Lisanslı	Toplam İşlem	İşlem-Teori Oranı
1	Balıkesir	13827	1091	173	74	478	1816	13%
2	Çanakkale	13013	323	70	425	501	1319	10%
3	İzmir	11854	1295	266	62	73	1696	14%
4	Manisa	5302	640	58	10	30	738	14%
5	Samsun	5222	0	52	9	49	110	2%
6	Muğla	5171	196	59	0	275	530	10%
7	Tekirdağ	4627	153	49	19	60	281	6%
8	İstanbul	4177	231	108	277	250	865	21%
9	Bursa	3882	119	4	0	130	253	7%
10	Mersin	3531	173	0	0	30	203	6%
11	Edirne	3470	167	27	0	344	538	16%
12	Hatay	3414	360	27	33	30	450	13%
13	Kırklareli	3079	116	11	150	145	422	14%
14	Tokat	3002	128	1	0	40	169	6%
15	Aydın	2524	250	2	184	250	687	27%
16	Ordu	2276	0	0	10	50	60	3%
17	Kahramanmaraş	2072	82	36	0	40	158	8%
18	Kayseri	1885	264	8	0	80	352	19%
19	Konya	1860	130	71	60	48	309	17%
20	Sivas	1642	150	0	37	240	427	26%
21	Sinop	1491	0	0	5	5	10	1%
22	Isparta	1423	60	0	0	0	60	4%
23	Malatya	1395	0	0	10	80	90	6%
24	Amasya	1200	126	4	0	60	190	16%
25	Adıyaman	1197	25	0	0	40	65	5%
26	Antalya	1170	0	0	0	100	100	9%
27	Yozgat	1076	0	5	0	0	5	0%
28	Elazığ	1028	0	0	0	40	40	4%
29	Karaman	934	7	0	40	0	47	5%
30	Adana	899	0	0	0	120	120	13%
31	Afyonkarahisar	860	263	0	88	0	351	41%
32	Osmaniye	718	235	0	0	0	235	33%
33	Diyarbakır	635	0	0	0	0	0	0%
34	Yalova	533	84	50	32	110	276	52%
35	Kastamonu	515	0	0	0	0	0	0%
36	Mardin	509	0	0	0	0	0	0%
37	Erzincan	383	0	0	0	50	50	13%
38	Kocaeli	334	10	294	0	30	334	100%
39	Çankırı	315	0	0	0	50	50	16%
40	Bilecik	309	39	41	90	0	170	55%
41	Gaziantep	267	86	0	0	0	86	32%
42	Denizli	239	0	0	66	0	66	28%
43	Kütahya	190	0	0	0	50	50	26%
44	Sakarya	180	0	0	70	110	180	100%
45	Kırşehir	168	168	0	0	0	168	100%
46	Giresun	160	0	0	0	0	0	0%
47	Çorum	156	0	0	0	65	65	42%
48	Zonguldak	120	0	0	120	0	120	100%
49	Bolu	117	0	0	0	0	0	0%
50	Eskişehir	89	0	39	0	50	89	100%
51	Ankara	80	0	0	0	80	80	100%
52	Karabük	73	0	0	0	30	30	41%
53	Bartın	62	0	0	0	0	0	0%

54	Niğde	62	0	0	0	0	0	0%
55	Bingöl	61	0	0	0	50	50	81%
56	Burdur	58	0	1	0	0	1	1%
57	Uşak	57	54	3	0	0	57	100%
58	Ağrı	50	0	0	0	50	50	100%
59	Erzurum	50	0	0	0	50	50	100%
60	Van	50	0	0	0	50	50	100%
61	Bitlis	40	0	0	0	40	40	100%
62	Kars	40	0	0	0	40	40	100%
63	Kilis	40	0	0	0	40	40	100%
64	Kırıkkale	40	0	0	0	40	40	100%
65	Trabzon	30	0	0	0	30	30	100%
66	Hakkari	29	0	0	0	0	0	0%
67	Siirt	15	0	0	0	0	0	0%
68	Tunceli	13	0	0	0	0	0	0%
69	Artvin	10	0	0	0	0	0	0%
70	Ardahan	9	0	0	0	0	0	0%
71	Batman	8	0	0	0	0	0	0%
72	Nevşehir	8	0	0	0	0	0	0%
73	Iğdır	2	0	0	0	0	0	0%
74	Gümüşhane	1	0	0	0	0	0	0%
75	Şanlıurfa	1	0	0	0	0	0	0%
76	Aksaray	0	0	0	0	0	0	0%
77	Bayburt	0	0	0	0	0	0	0%
78	Düzce	0	0	0	0	0	0	0%
79	Muş	0	0	0	0	0	0	0%
80	Rize	0	0	0	0	0	0	0%
81	Şırnak	0	0	0	0	0	0	0%
	TOPLAM	115329	7025	1460	1870	4602	14957	13,00%



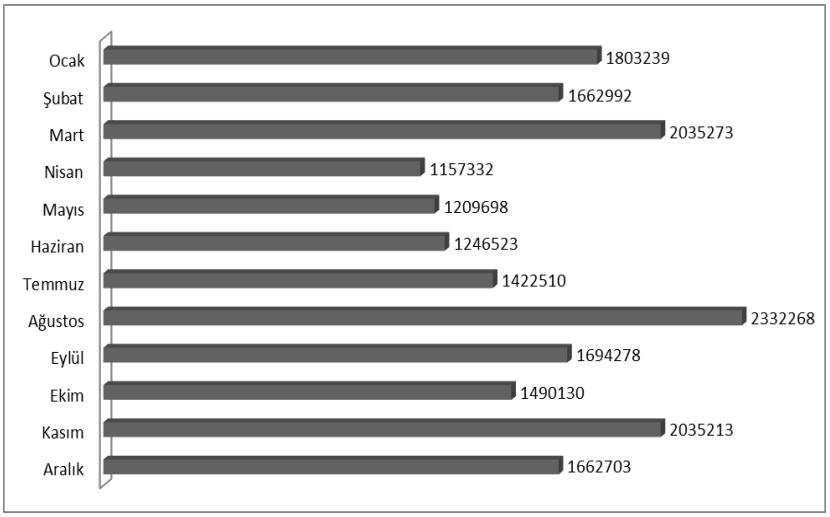
Şekil 1.1. Türkiye' de Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Haritası

Ayrıca Türkiye' de yıllara göre kurulan rüzgâr enerji santrallerdeki üretilen elektrik miktarı MW biriminde birikimli olarak Şekil 1.2' de verilmiştir. Bu bilgiler Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği' nin Ocak 2019 Türkiye rüzgâr enerjisi istatistik raporundan (https://www.tureb.com.tr/) alınmıştır.



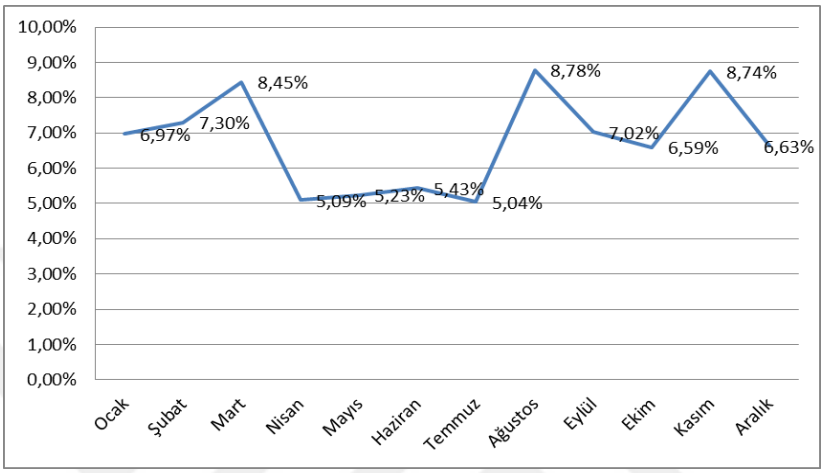
Şekil 1.2. Yıllara göre Türkiye' de kurulan rüzgâr enerji santrallerdeki MW biriminde üretilen elektrik miktarı

Türkiye' de 2018 yılında üretilen elektrik miktarları MWh biriminde incelendiğinde en çok elektrik üretilen ilk üç ay sırasıyla Ağustos, Mart ve Kasım ayları iken en az elektrik üretilen aylar sırasıyla Nisan, Mayıs ve Hazirandır. Tüm aylar için ortalama elektrik üretim miktarları Şekil 1.3' te verilmiştir. Bu bilgiler Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği' nin Ocak 2019 Türkiye rüzgâr enerjisi istatistik raporundan (https://www.tureb.com.tr/) alınmıştır.



Şekil 1.3. 2018 yılında Türkiye' de rüzgar enerjisi santrallerinin aylara göre MWh biriminde aylık elektrik üretimi

Türkiye' de 2018 yılında rüzgar enerjisi ile üretilen elektrik miktarının toplam elektrik üretimindeki payı baz alındığında yıllık ortalama % 6.78 olduğu görülmüştür. Ayrıca 2018 yılında aylara göre rüzgâr enerjisi ile üretilen elektrik miktarının dağılımı Şekil 1.4' te verilmiştir. Bu bilgiler Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği' nin Ocak 2019 Türkiye rüzgâr enerjisi istatistik raporundan (https://www.tureb.com.tr/) alınmıştır.



Şekil 1.4. 2018 yılında Türkiye' de rüzgar enerjisi santrallerinin aylara göre elektrik üretimindeki payı

1.4. Konya' da Rüzgâr Türbinleri

Yüzölçümü bakımından Türkiye'nin en geniş ili olan Konya rüzgâr enerjisi potansiyeline sahiptir. Konya'nın çeşitli bölgelerinde aktif olarak çalışmakta olan rüzgâr enerji santralleri bulunmakta olup Çizelge 1.2' de verilmiştir. Bunun yanında yapımı devam eden ve yapılması planlanan rüzgâr enerji santralleri de bulunmakta olup yayınlanan bazı resmi raporlara göre Konya rüzgâr enerji santraller yapılması planlanan iller arasında önemli bir yere sahiptir. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği tarafından yılda iki defa Türkiye rüzgâr enerjisi istatistik raporu yayınlanmaktadır. Temmuz 2017 raporuna göre inşa halindeki rüzgâr enerji santrallerinin illere göre dağılımında Konya 178.73 MW ile birinci sırada yer almaktadır. Ocak 2018 raporuna göre inşa halindeki rüzgâr enerji santrallerinin illere göre dağılımında Konya 178.73 MW ile yine birinci sıradaki yerini korumaktadır. Temmuz 2018 raporunda inşa halindeki rüzgâr enerji santrallerinin illere göre dağılımında 157.72 MW ile Konya ikinci sırada yer alırken 180.00 MW ile Çanakkale birinci sırada bulunmaktadır. Son olarak Ocak 2019 yılında

yayınlanan raporda ise inşa halindeki rüzgâr enerji santrallerinin illere göre dağılımında Konya 36.90 MW ile altıncı sırada yer almaktadır(https://www.tureb.com.tr/).

Konya' da devrede bulunan rüzgâr enerjisi santralleri ve kurulu güç miktarları Çizelge 1.2' de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Konya' da devrede olan rüzgâr enerji santralleri

Santral Adı	İlçe	Kurulu Güç
Bağlar Rüzgâr Enerji Santrali	Merkez	63 MW
Ardıçlı Rüzgâr Enerji Santrali	Selçuklu	44 MW
Akdağ Rüzgâr Enerji Santrali	Beyşehir	23 MW

1.5. Kaynak Araştırması

(Dorvlo, 2002) rüzgâr hızı modellemesinde oldukça fazla kullanılan Weibull dağılımına ilişkin parametre tahmini konusunu 3 farklı yöntemi ele almıştır. (Celik, 2004) Türkiye'deki bir bölgede bir yıl süre ile bir saatlik zaman diliminde ölçülen rüzgâr hızı verisini istatistiksel olarak analiz etmiştir. İnceleme Weibull ve Rayleigh dağılımları ele alınarak yapılmıştır. Kütahya bölgesinde 36 ay boyunca gözlemlenmiş olan rüzgâr potansiyeli verisi (Ozgur ve ark., 2009) tarafından Weibull, Gamma ve Lognormal dağılımlarını kullanılarak Kütahya bölgesindeki rüzgâr potansiyeline ilişkin parametre tahminleri çeşitli yöntemler kullanılarak elde edilmiştir. Rüzgâr hızını modellemede lognormal dağılımın diğer dağılımlara göre daha uygun olduğu sonucu elde etmiştir. (Erisoglu ve ark., 2011) 1960-2008 yılları arasında belirli bir deprem bölgesinde iki deprem arası geçen süreleri bu kez Üstel, Gamma ve Weibull dağılımlarının karmalarını ele alarak incelenmiştir. Karma dağılımların deprem verisini modellemede diğer dağılımlara göre daha uygun olduğu gözlemlenmiştir. 2013 yılında saatlik olarak ölçülen rüzgâr hızı verilerine dayanarak, Osmaniye' deki rüzgâr enerjisi potansiyeli (Kaplan, 2016) tarafından istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Osmaniye bölgesinde 2013 yılında bir yıl süre ile ölçülen rüzgâr hızları kullanılarak, rüzgâr hızlarının esme saatlerinin Weibull ve Rayleigh dağılım fonksiyonuna uyumu araştırılmıştır. (Karthikeya ve ark., 2016) Singapur bölgesinden elde edilen rüzgâr ve güneş enerjisi verisini modelleme problemi üzerinde durmuştur. (Şirin, 2017) Türkiye' de 2011-2014 yılları arasında elektrik tüketimi verisi üzerine çalışma yapmıştır. Bu tip gerçek verileri modellemek amacıyla birçok yeni dağılım önerilmektedir. (Kantar ve

ark., 2018) çalışmasında, rüzgâr hızını modelleyebilen oldukça esnek yeni bir dağılım önerilmiştir. Önerilen bu yeni dağılımın performansı Türkiye' nin bazı bölgelerinden ölçülmüş rüzgâr hızları ile test edilmiştir. Ayrıca önerilen bu yeni dağılımın daha önceden incelenmiş olan birçok rüzgâr hızı verisini de modellediği gözlemlenmiştir. (Mohammadi ve ark., 2017) çalışmasında, iki parametreli Birnbaum-Saunders dağılımının rüzgâr gücü ve rüzgâr enerjisini modellemesi üzerine bir uygulama yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında kullanılan veriler 2014-2018 yılları arasında ölçülmüş olup tez çalışmasında kullanılmak üzere T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Konya Meteoroloji 8. Bölge Müdürlüğü' nün 04/04/2018 tarihli ve 38128 sayılı yazısı ile temin edilmiştir. Veriler saatlik olarak alınmış olup Doğanhisar, Altınekin ve Güneysınır ilçeleri için veriler bir gün üçer saatlik zaman dilimleri olmak üzere 8 parça olacak şekilde incelenmiştir.

2. TEMEL KAVRAMLAR

Bu bölümde tezde kullanılan dağılımlardan, parametre tahmini için kullanılan en çok olabilirlik yönteminden ve uyum iyiliği kriterlerinden bahsedilecektir.

2.1. İstatistiksel Dağılımlar

Bu alt bölümde rüzgâr enerjisinin modellemesinde kullanılacak olan dağılımlardan bahsedilecektir.

2.1.1. Exponential-Poisson Dağılımı

Bu dağılım (Kuş, 2007) tarafından önerilmiştir. Exponential Poisson dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu ve dağılım fonksiyonu sırasıyla

$$f(x) = \frac{\lambda\beta}{1-\exp(-\lambda)}\exp(-\lambda - \beta x + \lambda\exp(-\beta x)) \tag{2.1}$$

ve

$$F(x) = \frac{\exp(\lambda\exp(-\beta x) - \exp(\lambda))}{1-\exp(-\lambda)} \tag{2.2}$$

şeklindedir. Burada $x > 0, \lambda, \beta > 0$ dır.

2.1.2. Alpha-Power Transformation Weibull Dağılımı

Bu dağılım (Nassar ve ark., 2017) tarafından önerilmiştir. Alpha-Power Transformation Weibull dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu ve dağılım fonksiyonu sırasıyla

$$f(x) = \begin{cases} \dfrac{\log(\alpha)}{\alpha-1}\lambda\beta\alpha^{1-\exp(-\lambda x^{\beta})}x^{\beta-1}\exp(-\lambda x^{\beta}) & , \quad \alpha > 0, \alpha \neq 1 \\ \lambda\beta x^{\beta-1}\exp(-\lambda x^{\beta}) & , \quad \alpha = 1 \end{cases} \tag{2.3}$$

ve

$$F(x)=\begin{cases}\dfrac{1}{\alpha-1}\alpha^{1-\exp\left(-\lambda x^{\beta}\right)} & , \quad \alpha>0, \alpha\neq 1 \\ 1-\exp\left(-\lambda x^{\beta}\right) & , \qquad \alpha=1\end{cases} \tag{2.4}$$

şeklindedir. Burada $x>0, \alpha, \lambda, \beta>0$ dır. Bu dağılım kısaca APT-Weibull olarak gösterilecektir.

2.1.3. Alpha-Logarithmic Transformation Exponential Dağılımı

Bu dağılım (Karakaya ve ark., 2017) tarafından önerilmiştir. $\alpha-$logarithmic transformation exponential dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu ve dağılım fonksiyonu sırasıyla

$$f(x)=\begin{cases}\dfrac{\alpha\exp(-x/\beta)}{\beta\log(1+\alpha)(1+\alpha(1-\exp(-x/\beta)))} & , \quad \alpha>0, \alpha\neq 0 \\ \dfrac{1}{\beta}\exp(-x/\beta) & , \qquad \alpha=0\end{cases} \tag{2.5}$$

ve

$$F(x)=\begin{cases}\dfrac{\log(1+\alpha(1-\exp(-x/\beta)))}{\log(1+\alpha)} & , \quad \alpha>0, \alpha\neq 0 \\ 1-\exp(-x/\beta) & , \qquad \alpha=0\end{cases} \tag{2.6}$$

şeklindedir. Burada $x>0, \beta>0$ ve $\alpha\in(-1,\infty)-\{0\}$ dır. Bu dağılım kısaca ALT-Exponential olarak gösterilecektir.

2.1.4. Mixed Weibull Dağılımı

Mixed Weibull dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu ve dağılım fonksiyonu sırasıyla

$$f(x) = \begin{array}{l} p\left(\frac{\lambda_1}{\beta_1}\left(\frac{x}{\beta_1}\right)^{\lambda_1-1}\exp\left(-\left(\frac{x}{\beta_1}\right)^{\lambda_1}\right)\right) \\ +(1-p)\left(\frac{\lambda_2}{\beta_2}\left(\frac{x}{\beta_2}\right)^{\lambda_2-1}\exp\left(-\left(\frac{x}{\beta_2}\right)^{\lambda_2}\right)\right) \end{array} \tag{2.7}$$

ve

$$F(x) = \begin{array}{l} p\left(1-\exp\left(-\left(\frac{x}{\beta_1}\right)^{\lambda_1}\right)\right) \\ +(1-p)\left(1-\exp\left(-\left(\frac{x}{\beta_2}\right)^{\lambda_2}\right)\right) \end{array} \tag{2.8}$$

şeklindedir. Burada $x > 0, \lambda_1, \beta_1, \lambda_2, \beta_2 > 0$ ve $p \in (0,1)$ dır.

2.2. Tahmin

$X_1, X_2, ..., X_n$ olasılık (yoğunluk) fonksiyonu $f(x;\boldsymbol{\theta}), \boldsymbol{\theta} \in R^p$ olan bir kitleden alınan n birimlik bir örneklem olmak üzere örneklemin ortak olasılık (yoğunluk) fonksiyonu parametre $\boldsymbol{\theta}$' nın bir fonksiyonu gözü ile bakıldığı zaman olabilirlik fonksiyonu

$$L(\boldsymbol{\theta};\mathbf{x}) = f(\mathbf{x};\boldsymbol{\theta}),\ \boldsymbol{\theta} \in \Theta \subset R^p \tag{2.9}$$

şeklinde elde edilir. Burada $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \ldots, x_n)'$ ve $\boldsymbol{\theta} = (\theta_1, \theta_2, \ldots, \theta_p)'$ şeklindedir. Θ ise parametre uzayıdır. Eşitlik 2.9' da verilen olabilirlik fonksiyonu $L(\boldsymbol{\theta};\mathbf{x})$ in logaritması alınarak

$$\ell(\boldsymbol{\theta}) = \log\left(L(\boldsymbol{\theta};\mathbf{x})\right), \quad \boldsymbol{\theta} \in \Theta \subset R^p \tag{2.10}$$

elde edilen fonksiyona log-olabilirlik fonksiyonu denir.

Eşitlik 2.9 de verilen olabilirlik fonksiyonunu veya Eşitlik 2.10 da verilen log-olabilirlik fonksiyonunu maksimum yapan θ değeri

$$\hat{\theta} = \arg\max\left(L(\mathbf{\theta};\mathbf{x})\right) = \arg\max\left(\ell(\mathbf{\theta})\right) \tag{2.11}$$

şeklinde elde edilir ve θ parametresinin en çok olabilirlik tahmin edicisi (MLE) olarak ifade edilir (Akdi, 2014).

2.3. Uyum İyiliği Kriterleri

Bu alt bölümde en iyi model seçiminde kullanılacak olan model seçim kriterlerinden Akaiki bilgi kriteri ve Bayesci bilgi kriterinden bahsedilecektir.

2.3.1. Akaiki Bilgi Kriteri

p tahmin edilmek istenilen parametre sayısı, $\hat{\ell}$ olabilirlik fonksiyonunun maksimum değeri olmak üzere Akaiki bilgi kriteri

$$AIC = -2\hat{\ell} + 2p$$

şeklinde tanımlanır (Akaike, 1974). Akaiki bilgi kriteri tez içerisinde kısaca AIC şeklinde gösterilecektir.

2.3.2. Bayesci Bilgi Kriteri

p tahmin edilmek istenilen parametre sayısı, $\hat{\ell}$ olabilirlik fonksiyonunun maksimum değeri ve n modellenmek istenen verinin örneklem hacmi olmak üzere Bayesci bilgi kriteri

$$BIC = -2\hat{\ell} + p\log(n)$$

şeklinde tanımlanır (Schwarz, 1978). Bayesci bilgi kriteri tez içerisinde kısaca BIC şeklinde gösterilecektir.

3. RÜZGÂR HIZININ MODELLENMESİ

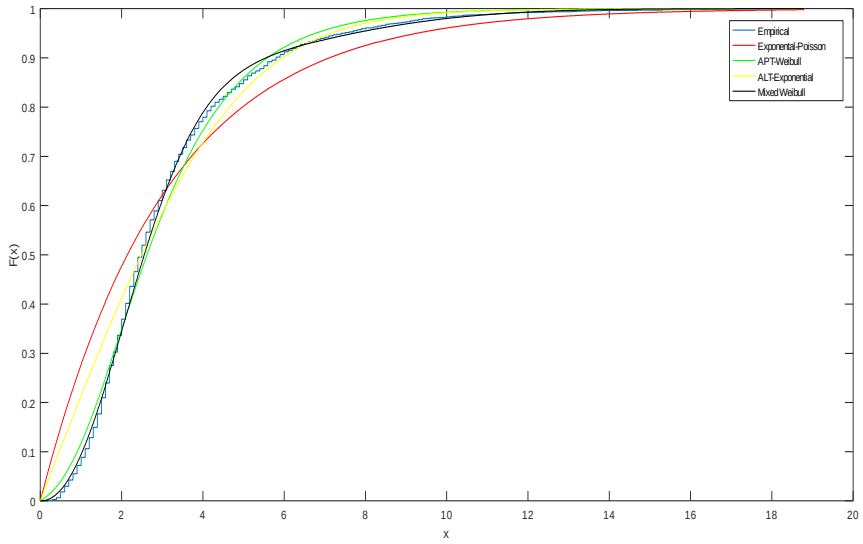
Bu bölümde Konya ili Doğanhisar, Altınekin ve Güneysınır ilçelerinin rüzgâr hızları üçer saatlik zaman dilimleri için ayrı ayrı başlıklar altında incelenmiştir. Bu ilçelerin seçilme sebebi rüzgâr potansiyellerinin diğer ilçelere göre daha yüksek olmasıdır. Ayrıca bu ilçeler için rüzgâr hızları üçer saatlik incelemenin yanında günlük olarak da incelenmiştir. Modelleme yapılırken dört farklı olasılık dağılımı kullanılmıştır. Bu modellerden ilgili veri için en iyi modelleme yapanı belirlemek amacıyla AIC, BIC ve -2ℓ kriterleri baz alınmıştır. AIC, BIC ve -2ℓ değerlerinin düşük olması seçilecek olan dağılımı belirlemiştir.

3.1. Doğanhisar ilçesi için rüzgâr hızının modellenmesi

3.1.1. 00:00-02:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.1. Doğanhisar ilçesi 00:00-02:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\widehat{\lambda} = 0.000$ $\beta = 0.323$	17723.874	17736.542	17719.874
APT-Weibull	$\alpha = 91.201$ $\widehat{\lambda} = 0.930$ $\beta = 0.782$	16217.359	16236.361	16211.359
ALT-Exp	$\alpha = -0.936$ $\beta = 1.552$	17067.169	17079.838	17063.169
Mixed Weibull	$p = 0.847$ $\beta_1 = 2.752$ $\widehat{\lambda}_1 = 2.129$ $\beta_2 = 7.326$ $\widehat{\lambda}_2 = 2.283$	16025.309	16056.981	16015.309



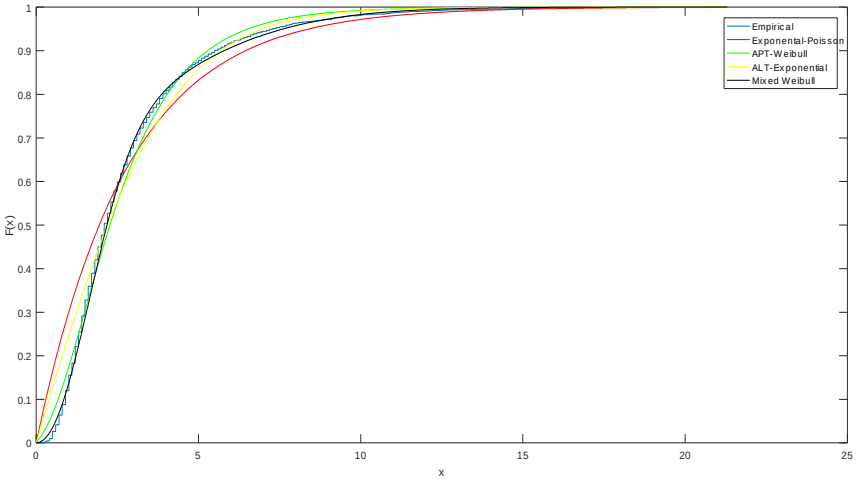
Şekil 3.1. Doğanhisar ilçesi 00:00-02:59 saatler için ampirik dağılım ve diğer modelleri

Doğanhisar ilçesinin 00:00-02:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 3.0573 ve varyansı 2.6169 olarak elde edilmiştir.

3.1.2. 03:00-05:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.2. Doğanhisar ilçesi 03:00- 05:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.357$	16910.539	16923.208	16906.539
APT-Weibull	$\alpha = 63.333$ $\lambda = 0.843$ $\beta = 0.906$	15906.215	15925.217	15900.215
ALT-Exponential	$\alpha = -0.854$ $\beta = 1.712$	16548.170	16560.839	16544.170
Mixed Weibull	$p = 0.348$ $\beta_1 = 5.047$ $\lambda_1 = 1.619$ $\beta_2 = 2.144$ $\lambda_2 = 2.176$	15585.295	15616.966	15575.295



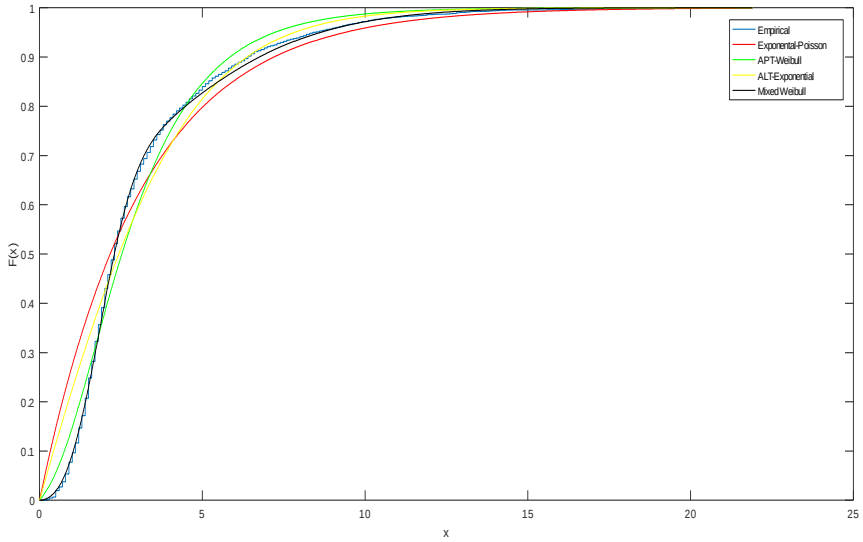
Şekil 3.2. Doğanhisar ilçesi 03:00- 05:59 saatler için ampirik dağılım ve diğer modeller

Doğanhisar ilçesinin 03:00-05:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgar hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 2.8110 ve varyansı 3.4013 olarak elde edilmiştir.

3.1.3. 06:00-08:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.3. Doğanhisar ilçesi 06:00-08:59 saatleri için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.001$ $\beta = 0.319$	17830.171	17842.840	17826.172
APT-Weibull	$\alpha = 70.547$ $\lambda = 0.840$ $\beta = 0.841$	16756.159	16775.162	16750.159
ALT-Exponential	$\alpha = -0.832$ $\beta = 1.969$	17493.975	17506.644	17489.975
Mixed Weibull	$p = 0.582$ $\beta_1 = 2.151$ $\lambda_1 = 2.762$ $\beta_2 = 5.410$ $\lambda_2 = 1.612$	16137.137	16168.808	16127.137



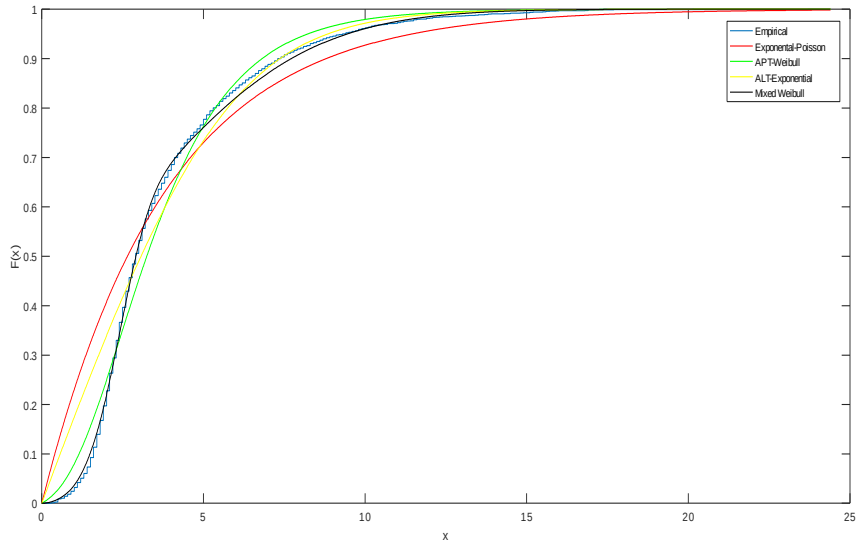
Şekil 3.3. Doğanhisar ilçesi 06:00-08:59 saatler için ampirik dağılım ve diğer modeller

Doğanhisar ilçesinin 06:00-08:59 saatleri arasındaki rüzgar hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgar hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgar hızının beklenen değeri 3.1403 ve varyansı 4.2936 olarak elde edilmiştir.

3.1.4. 09:00-11:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.4. Doğanhisar ilçesi 09:00-11:59 saatleri için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.261$	19493.567	19506.236	19489.567
APT-Weibull	$\alpha = 98.779$ $\lambda = 0.925$ $\beta = 0.640$	17805.145	17824.148	17799.145
ALT-Exponential	$\alpha = -0.934$ $\beta = 1.930$	18817.813	18830.481	18813.813
Mixed Weibull	$p = 0.482$ $\beta_1 = 2.647$ $\lambda_1 = 3.697$ $\beta_2 = 5.797$ $\lambda_2 = 1.741$	17221.301	17252.971	17211.300



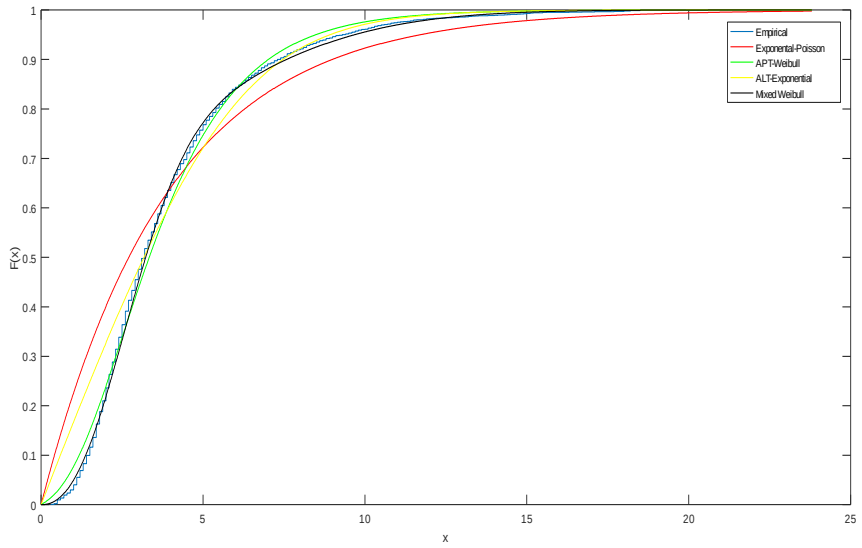
Şekil 3.4. Doğanhisar ilçesi 09:00-11:59 saatler için ampirik dağılım ve diğer modeller

Doğanhisar ilçesinin 09:00-11:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgar hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgar hızının beklenen değeri 3.8265 ve varyansı 5.0998 olarak elde edilmiştir.

3.1.5. 12:00-14:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.5. Doğanhisar ilçesi 12:00-14:59 saatleri için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.256$	19677.539	19690.208	19673.539
APT-Weibull	$\alpha = 93.316$ $\lambda = 0.926$ $\beta = 0.619$	18084.431	18103.433	18078.431
ALT-Exponential	$\alpha = -0.949$ $\beta = 1.874$	18949.563	18962.232	18945.563
Mixed Weibull	$p = 0.336$ $\beta_1 = 6.819$ $\lambda_1 = 1.846$ $\beta_2 = 3.196$ $\lambda_2 = 2.382$	17860.176	17891.847	17850.176



Şekil 3.5. Doğanhisar ilçesi 12:00-14:59 saatler için ampirik dağılım ve diğer modeller

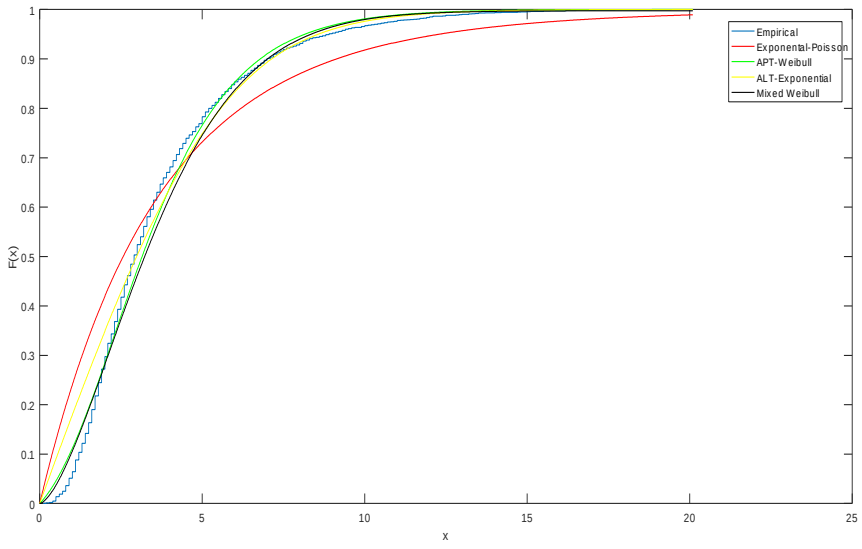
Doğanhisar ilçesinin 12:00-14:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgar hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgar hızının beklenen değeri

3.9162 ve varyansı 4.9561 olarak elde edilmiştir.

3.1.6. 15:00-17:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.6. Doğanhisar ilçesi 15:00-17:59 saatleri için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 12.999$ $\beta = 0.021$	19318.179	19330.848	19314.179
APT-Weibull	$\alpha = 15.796$ $\lambda = 1.062$ $\beta = 0.435$	17989.776	18008.779	17983.776
ALT-Exponential	$\alpha = -0.936$ $\beta = 1.860$	18515.298	18527.966	18511.298
Mixed Weibull	$p = 0.003$ $\beta_1 = 80.479$ $\lambda_1 = 0.657$ $\beta_2 = 4.072$ $\lambda_2 = 1.557$	18018.462	18050.133	18008.462



Şekil 3.6. Doğanhisar ilçesi 15:00-17:59 saatleri için ampirik dağılım ve diğer modeller

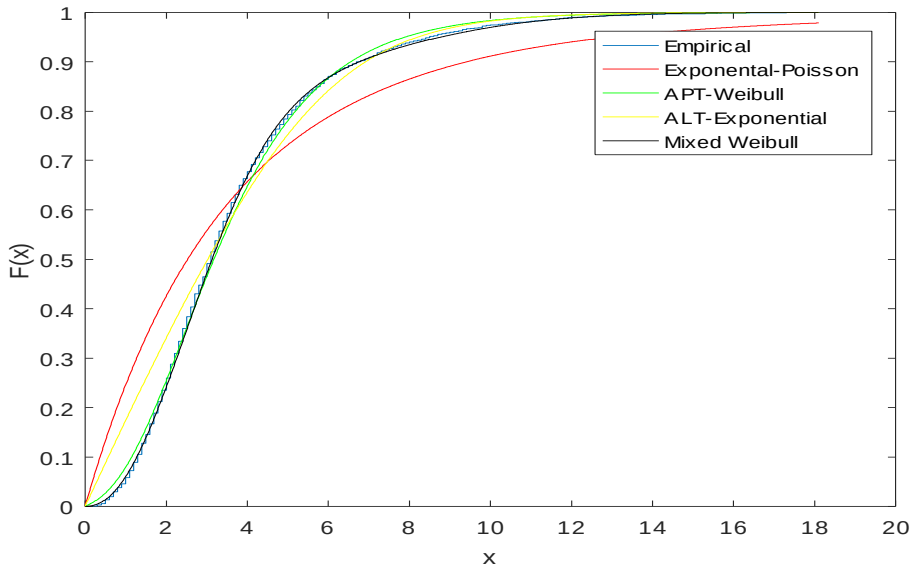
Doğanhisar ilçesinin 15:00-17:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın APT-

Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgar hızının beklenen değeri 5.4610 ve varyansı 100.3374 olarak elde edilmiştir.

3.1.7. 18:00-20:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.7. Doğanhisar ilçesi 18:00-20:59 saatleri için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 8.0656$ $\beta = 0.035$	19467.417	19480.086	19463.417
APT-Weibull	$\alpha = 99.999$ $\lambda = 0.943$ $\beta = 0.642$	17486.189	17505.191	17480.189
ALT-Exponential	$\alpha = -0.964$ $\beta = 1.636$	18280.167	18292.836	18276.167
Mixed Weibull	$p = 0.206$ $\beta_1 = 7.518$ $\lambda_1 = 2.825$ $\beta_2 = 3.264$ $\lambda_2 = 2.169$	17352.281	17383.952	17342.281



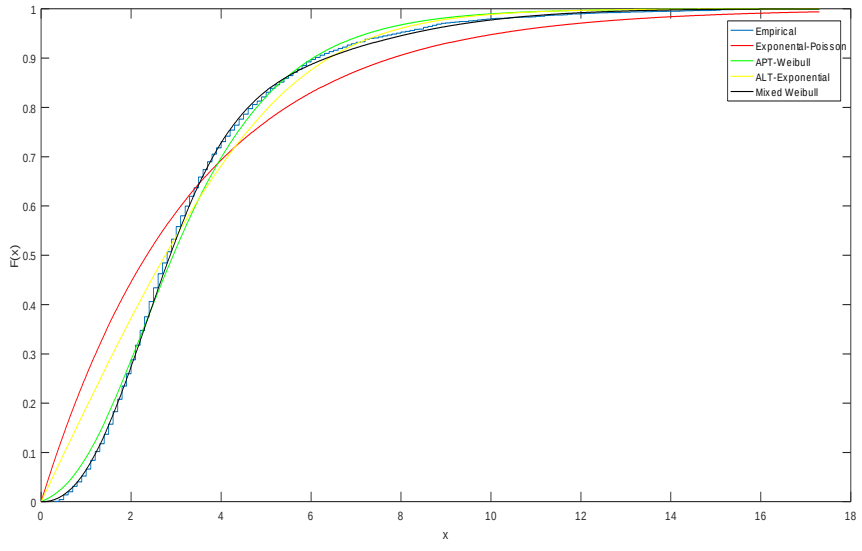
Şekil 3.7. Doğanhisar ilçesi 18:00-20:59 saatleri için ampirik dağılım ve diğer modeller

Doğanhisar ilçesinin 18:00-20:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgar hızının beklenen değeri 3.6746 ve varyansı 2.9259 olarak elde edilmiştir.

3.1.8. 21:00-23:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.8. Doğanhisar ilçesi 21:00-23:59 saatleri için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.295$	18490.969	18503.638	18486.969
APT-Weibull	$\alpha = 94.260$ $\lambda = 0.953$ $\beta = 0.679$	16771.778	16790.781	16765.778
ALT-Exponential	$\alpha = -0.958$ $\beta = 1.556$	17664.654	17677.322	17660.654
Mixed Weibull	$p = 0.291$ $\beta_1 = 6.073$ $\lambda_1 = 1.884$ $\beta_2 = 2.915$ $\lambda_2 = 2.339$	16575.534	16607.208	16565.537



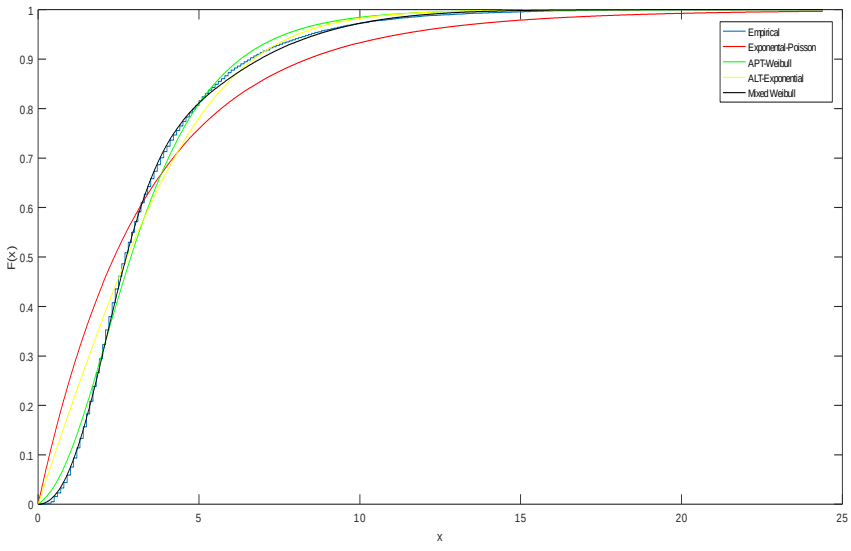
Şekil 3.8. Doğanhisar ilçesi 21:00-23:59 saatleri için ampirik dağılım ve diğer modeller

Doğanhisar ilçesinin 21:00-23:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 3.3999 ve varyansı 3.5490 olarak elde edilmiştir.

3.1.9. Tüm saatler için rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.9. Doğanhisar ilçesi tüm saatleri için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.291$	148763.293	148780.120	148759.293
APT-Weibull	$\alpha = 99.458$ $\lambda = 0.879$ $\beta = 0.751$	137827.272	137852.513	137821.272
ALT-Exponential	$\alpha = -0.926$ $\beta = 1.792$	144054.067	144070.894	144050.067
Mixed Weibull	$p = 0.399$ $\beta_1 = 5.721$ $\lambda_1 = 1.734$ $\beta_2 = 2.635$ $\lambda_2 = 2.404$	135904.251	135946.319	135894.251



Şekil 3.9. Doğanhisar ilçesi tüm saatleri için ampirik dağılım ve diğer modeller

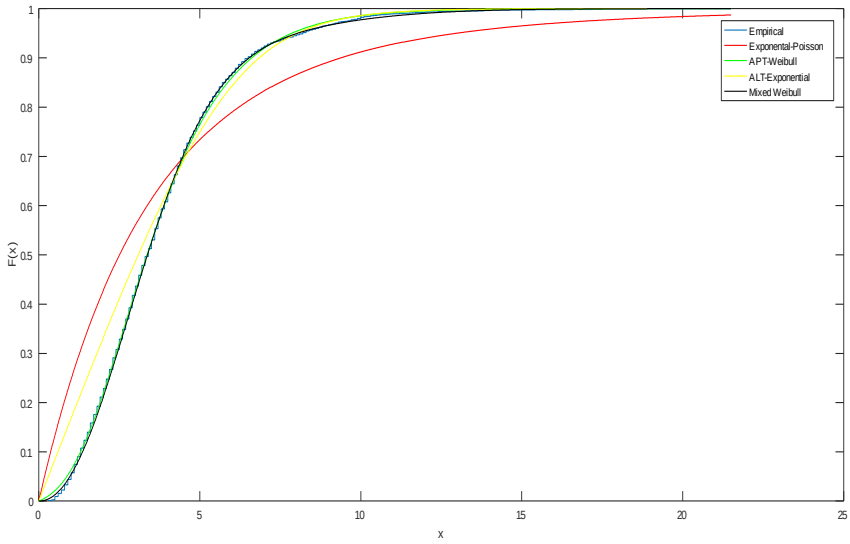
Doğanhisar ilçesinin tüm saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 3.4380 ve varyansı 4.3113 olarak elde edilmiştir.

3.2. Altınekin ilçesi için rüzgâr hızının modellenmesi

3.2.1. 00:00-02:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.10. Altınekin ilçesi 00:00-02:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.265$	19618.421	19631.115	19614.421
APT-Weibull	$\alpha = 86.482$ $\lambda = 1.023$ $\beta = 0.543$	17683.633	17702.674	17677.633
ALT-Exponential	$\alpha = -0.984$ $\beta = 1.424$	18446.882	18459.576	18442.882
Mixed Weibull	$p = 0.166$ $\beta_1 = 7.014$ $\lambda_1 = 1.968$ $\beta_2 = 3.711$ $\lambda_2 = 2.118$	17605.116	17636.851	17595.116



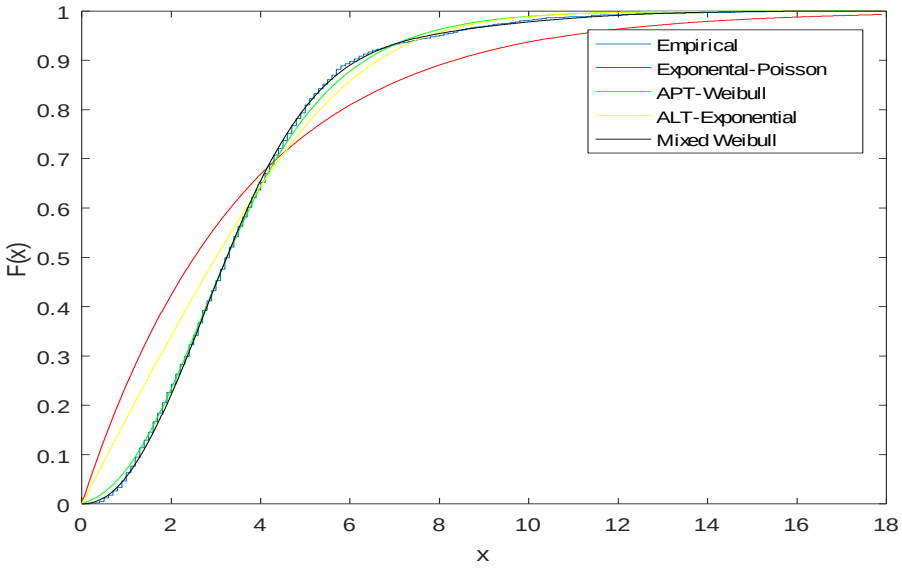
Şekil 3.10. Altınekin ilçesi tüm saatleri için ampirik dağılım ve diğer modeller

Altınekin ilçesinin 00:00-02:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 3.7732 ve varyansı 4.0259 olarak elde edilmiştir.

3.2.2. 03:00-05:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.11. Altınekin ilçesi 03:00-05:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.276$	19299.569	19312.263	19295.569
APT-Weibull	$\alpha = 64.519$ $\lambda = 1.058$ $\beta = 0.523$	17340.735	17359.776	17334.735
ALT-Exponential	$\alpha = -0.980$ $\beta = 1.422$	18135.713	18148.407	18131.713
Mixed Weibull	$p = 0.916$ $\beta_1 = 3.636$ $\lambda_1 = 2.151$ $\beta_2 = 9.048$ $\lambda_2 = 2.912$	17212.073	17243.808	17202.073



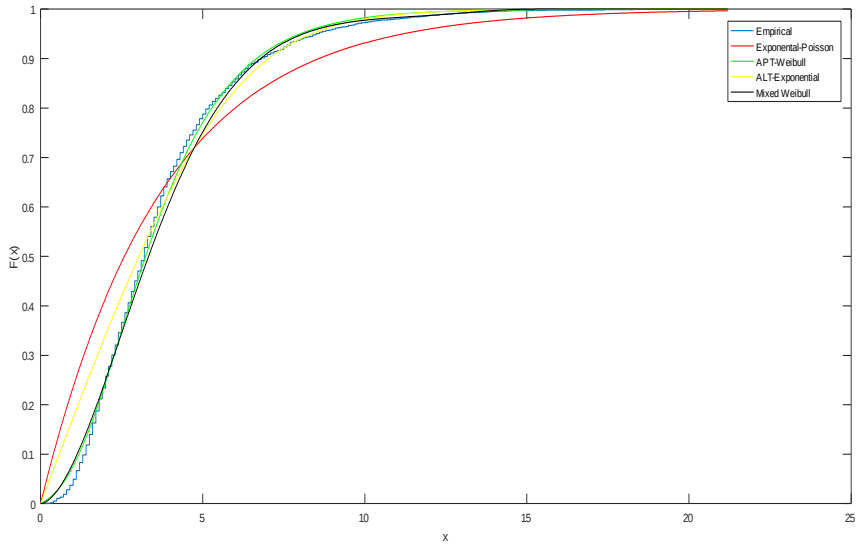
Şekil 3.11. Altınekin ilçesi 03:00-05:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

Altınekin ilçesinin 03:00-05:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatleri için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 3.6274 ve varyansı 3.0391 olarak elde edilmiştir.

3.2.3. 06:00-08:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.12. Altınekin ilçesi 06:00-08:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.268$	19539.034	19551.729	19535.034
APT-Weibull	$\alpha = 99.999$ $\lambda = 0.950$ $\beta = 0.624$	17817.589	17836.631	17811.589
ALT-Exponential	$\alpha = -0.959$ $\beta = 1.698$	18663.087	18675.775	18659.081
Mixed Weibull	$p = 0.985$ $\beta_1 = 4.057$ $\lambda_1 = 1.741$ $\beta_2 = 13.392$ $\lambda_2 = 12.258$	17964.409	17996.145	17954.409



Şekil 3.12. Altınekin ilçesi 06:00-08:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

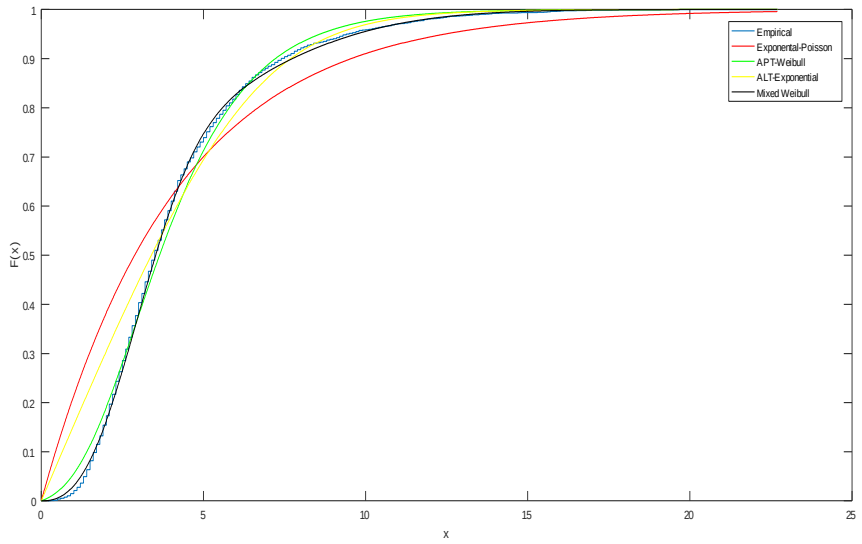
Altınekin ilçesinin 06:00-08:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın APT-

Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 4.2405 ve varyansı 17.2122 olarak elde edilmiştir.

3.2.4. 09:00-11:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.13. Altınekin ilçesi 09:00-11:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\widehat{\lambda} = 0.000$ $\beta = 0.241$	20445.163	2.0457.857	2.0441.163
APT-Weibull	$\alpha = 99.999$ $\lambda = 1.003$ $\beta = 0.521$	18363.422	18382.464	18357.422
ALT-Exponential	$\alpha = -0.970$ $\beta = 1.764$	19450.195	19462.889	19446.195
Mixed Weibull	$p = 0.347$ $\beta_1 = 6.911$ $\lambda_1 = 1.954$ $\beta_2 = 3.492$ $\lambda_2 = 2.655$	18106.987	18138.723	18096.987



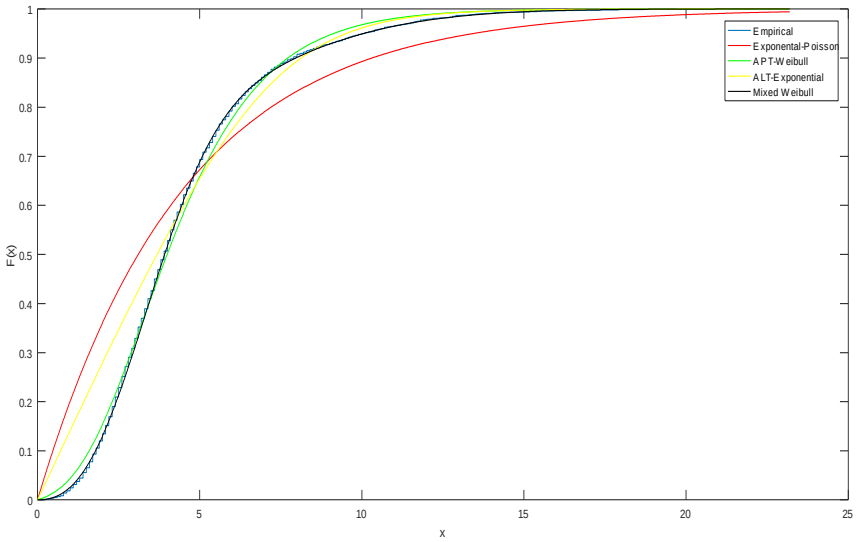
Şekil 3.13. Altınekin ilçesi 09:00-11:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

Altınekin ilçesinin 09:00-11:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 4.1532 ve varyansı 4.7400 olarak elde edilmiştir.

3.2.5. 12:00-14:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.14. Altınekin ilçesi 12:00-14:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.223$	21084.516	21097.210	21080.516
APT-Weibull	$\alpha = 99.999$ $\lambda = 1.041$ $\beta = 0.451$	18870.573	18889.615	18864.573
ALT-Exponential	$\alpha = -0.981$ $\beta = 1.734$	19927.644	19940.338	19923.644
Mixed Weibull	$p = 0.791$ $\beta_1 = 4.101$ $\lambda_1 = 2.462$ $\beta_2 = 8.781$ $\lambda_2 = 2.399$	18688.992	18720.727	18678.992



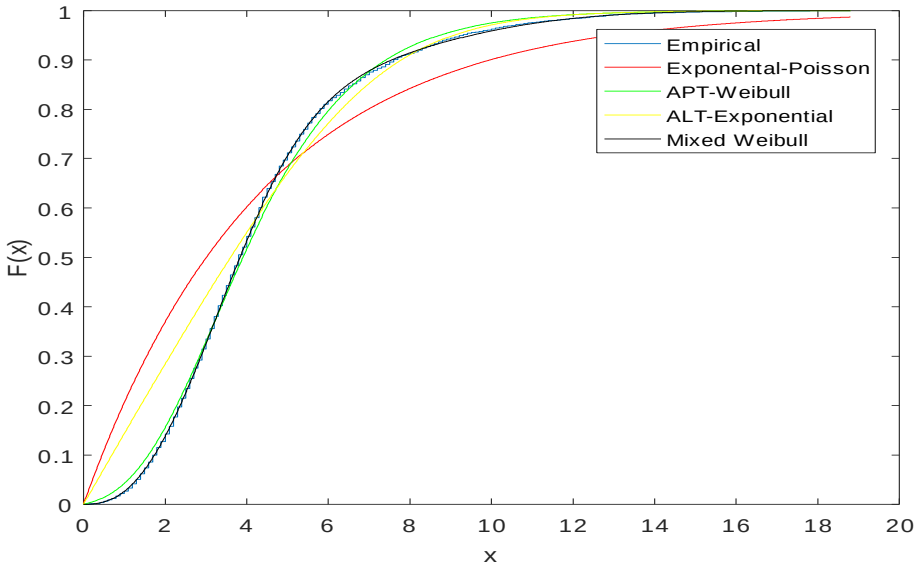
Şekil 3.14. Altınekin ilçesi 12:00-14:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

Altınekin ilçesinin 12:00-14:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 4.5040 ve varyansı 4.4660 olarak elde edilmiştir.

3.2.6. 15:00-17:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.15. Altınekin ilçesi 15:00-17:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.230$	20812.851	20825.545	20808.851
APT-Weibull	$\alpha = 61.308$ $\lambda = 1.120$ $\beta = 0.390$	18490.742	18509.784	18484.742
ALT-Exponential	$\alpha = -0.987$ $\beta = 1.572$	19533.406	19546.101	19529.406
Mixed Weibull	$p = 0.217$ $\beta_1 = 8.187$ $\lambda_1 = 2.520$ $\beta_2 = 3.977$ $\lambda_2 = 2.470$	18363.375	18395.111	18353.375



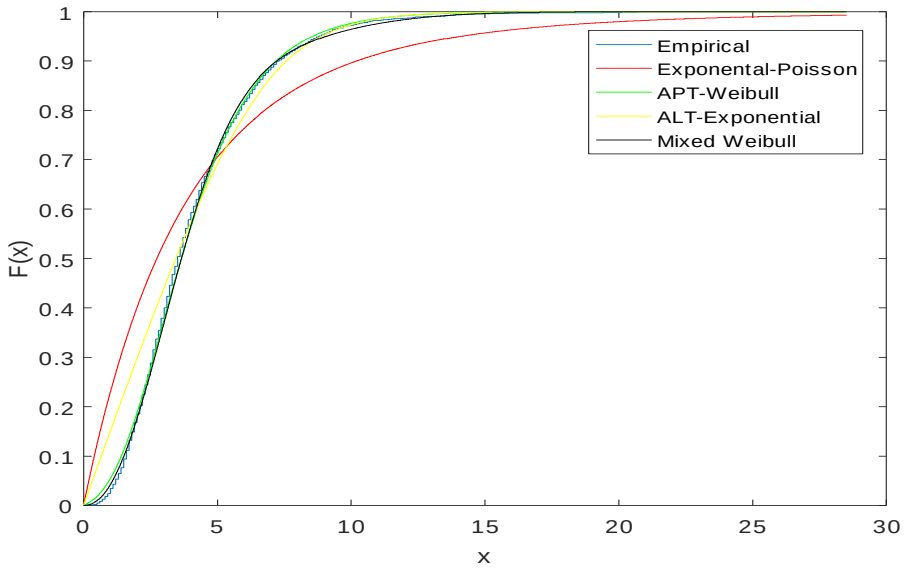
Şekil 3.15. Altınekin ilçesi 15:00-17:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

Altınekin ilçesinin 15:00-17:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 4.3387 ve varyansı 3.8908 olarak elde edilmiştir.

3.2.7. 18:00-20:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.16. Altınekin ilçesi 18:00-20:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 8.041$ $\beta = 0.032$	20760.845	20773.540	20756.845
APT-Weibull	$\alpha = 99.999$ $\lambda = 1.007$ $\beta = 0.517$	18358.186	18377.227	18352.186
ALT-Exponential	$\alpha = -0.981$ $\beta = 1.624$	19269.553	19282.248	19265.553
Mixed Weibull	$p = 0.233$ $\beta_1 = 7.162$ $\lambda_1 = 1.903$ $\beta_2 = 3.901$ $\lambda_2 = 2.204$	18309.416	18341.152	18299.416



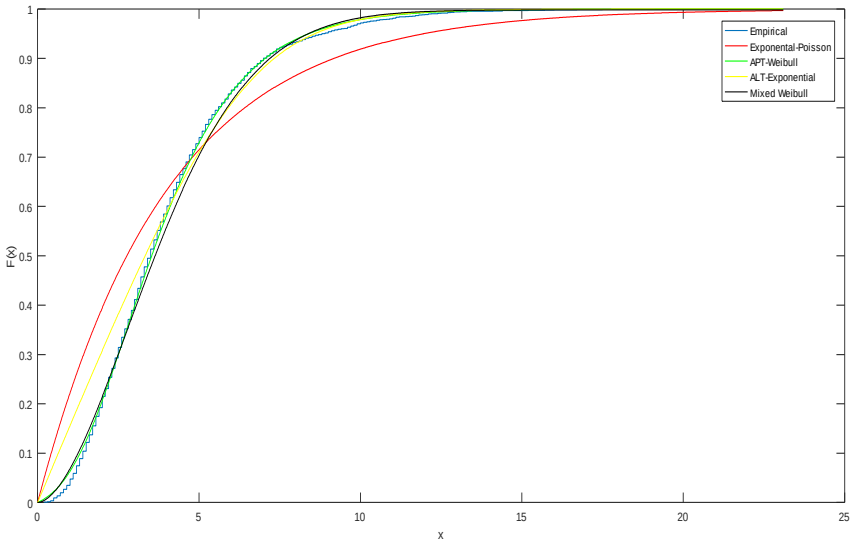
Şekil 3.16. Altınekin ilçesi 18:00-20:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

Altınekin ilçesinin 18:00-20:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 4.1305 ve varyansı 4.9131 olarak elde edilmiştir.

3.2.8. 21:00-23:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.17. Altınekin ilçesi 21:00-23:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.250$	20105.010	20117.704	20101.010
APT-Weibull	$\alpha = 73.052$ $\lambda = 1.017$ $\beta = 0.510$	18264.490	18283.531	18258.490
ALT-Exponential	$\alpha = -0.982$ $\beta = 1.558$	19026.161	19038.851	19022.161
Mixed Weibull	$p = 0.002$ $\beta_1 = 77.799$ $\lambda_1 = 0.764$ $\beta_2 = 4.469$ $\lambda_2 = 1.766$	18371.837	18403.572	18361.837



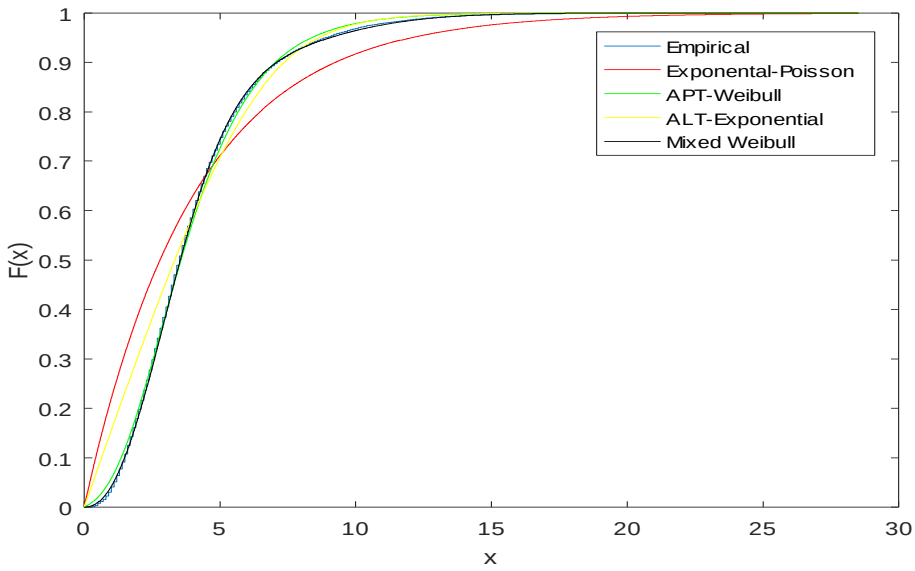
Şekil 3.17. Altınekin ilçesi 21:00-23:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

Altınekin ilçesinin 21:00-23:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın APT-Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 5.4164 ve varyansı 47.9376 olarak elde edilmiştir.

3.2.9. Tüm saatler için rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.18. Altınekin ilçesi tüm saatleri için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.248$	161426.263	161443.116	161422.263
APT-Weibull	$\alpha = 91.319$ $\lambda = 1.010$ $\beta = 0.523$	145673.004	145698.283	145667.004
ALT-Exponential	$\alpha = -0.980$ $\beta = 1.587$	152801.245	152818.098	152797.245
Mixed Weibull	$p = 0.211$ $\beta_1 = 7.567$ $\lambda_1 = 2.088$ $\beta_2 = 3.743$ $\lambda_2 = 2.247$	144734.821	144776.954	144724.821



Şekil 3.18. Altınekin ilçesi tüm saatler için ampirik dağılım ve diğer modeller

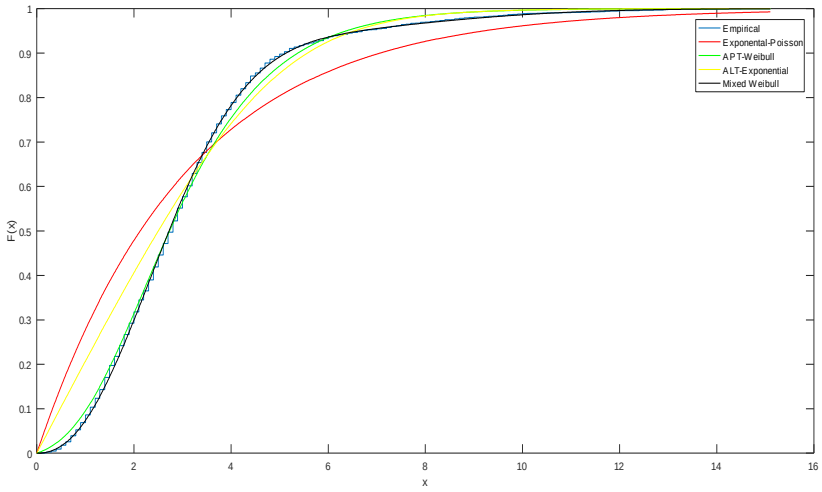
Altınekin ilçesinin tüm saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 4.0299 ve varyansı 4.3191 olarak elde edilmiştir.

3.3. Güneysınır ilçesi için rüzgâr hızının modellenmesi

3.3.1. 00:00-02:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.19. Güneysınır ilçesi 00:00-02:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.325$	17720.280	17732.954	17716.280
APT-Weibull	$\alpha = 64.156$ $\lambda = 1.049$ $\beta = 0.632$	15774.702	15793.713	15768.702
ALT-Exponential	$\alpha = -0.977$ $\beta = 1.222$	16655.958	16668.632	16651.958
Mixed Weibull	$p = 0.918$ $\beta_1 = 3.043$ $\lambda_1 = 2.229$ $\beta_2 = 8.183$ $\lambda_2 = 2.864$	15543.134	15574.819	15533.134



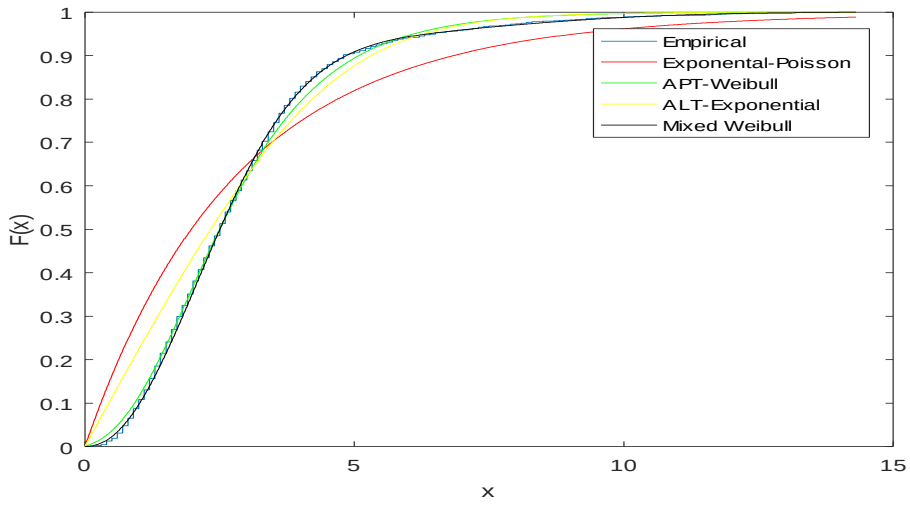
Şekil 3.19. Güneysınır ilçesi 00:00-02:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

Güneysınır ilçesinin 00:00-02:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 3.0721 ve varyansı 2.1256 olarak elde edilmiştir.

3.3.2. 03:00-05:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.20. Güneysınır ilçesi 03:00-05:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 18.520$ $\beta = 0.019$	17257.914	17270.589	17253.914
APT-Weibull	$\alpha = 99.999$ $\lambda = 0.961$ $\beta = 0.792$	15366.579	15385.590	15360.579
ALT-Exponential	$\alpha = -0.967$ $\beta = 1.239$	16219.744	16232.419	16215.744
Mixed Weibull	$p = 0.924$ $\beta_1 = 2.823$ $\lambda_1 = 2.117$ $\beta_2 = 8.161$ $\lambda_2 = 2.937$	15170.514	15202.199	15160.514



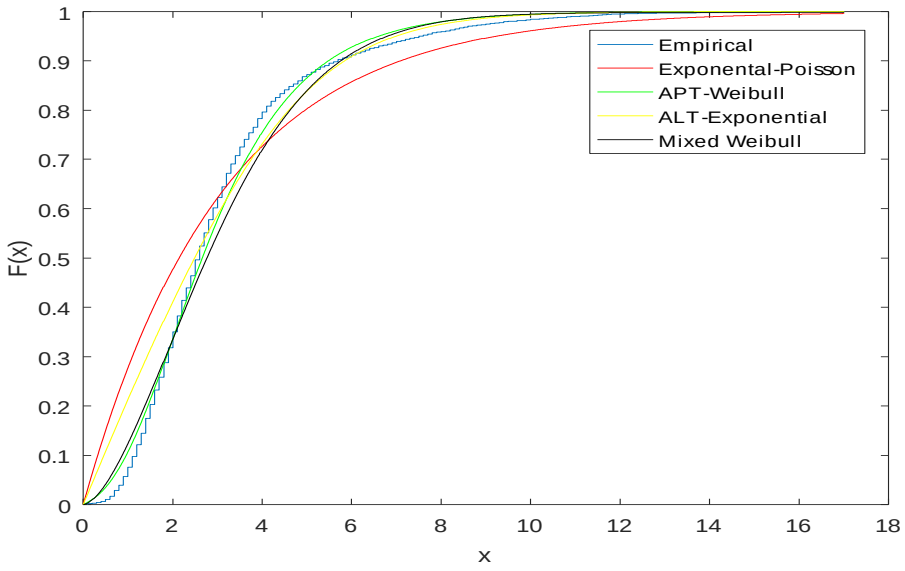
Şekil 3.20. Güneysınır ilçesi 03:00-05:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

Güneysınır ilçesinin 03:00-05:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 2.8635 ve varyansı 1.9776 olarak elde edilmiştir.

3.3.3. 06:00-08:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.21. Güneysınır ilçesi 06:00-08:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.324$	17762.786	17775.460	17758.786
APT-Weibull	$\alpha = 99.999$ $\lambda = 0.944$ $\beta = 0.758$	16028.026	16047.038	16022.026
ALT-Exponential	$\alpha = -0.948$ $\beta = 1.472$	16997.513	17010.187	16993.513
Mixed Weibull	$p = 0.002$ $\beta_1 = 70.310$ $\lambda_1 = 0.696$ $\beta_2 = 3.446$ $\lambda_2 = 1.637$	16363.460	16395.151	16353.466



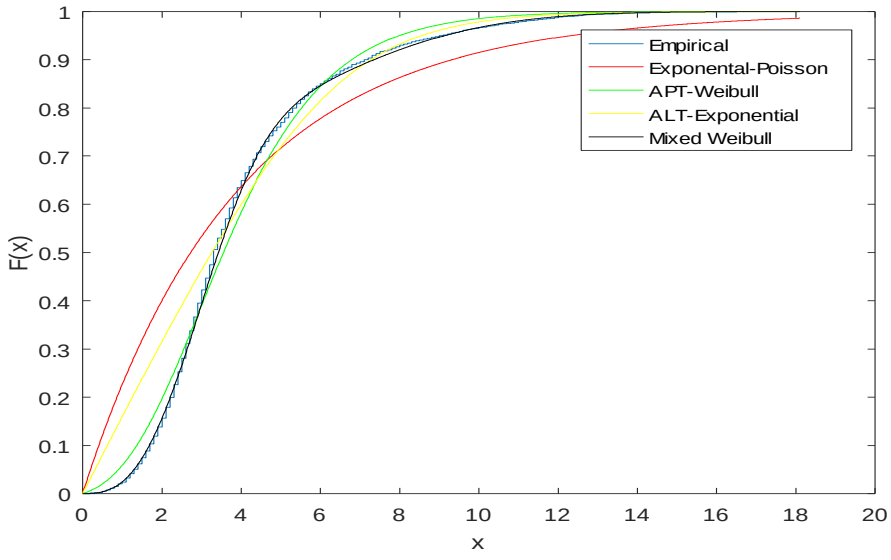
Şekil 3.21. Güneysınır ilçesi 06:00-08:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

Güneysınır ilçesinin 06:00-08:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın APT-Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 3.1290 ve varyansı 6.1133 olarak elde edilmiştir.

3.3.4. 09:00-11:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.22. Güneysınır ilçesi 09:00-11:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 26.280$ $\beta = 0.009$	19986.980	19999.654	19982.980
APT-Weibull	$\alpha = 50.647$ $\lambda = 1.115$ $\beta = 0.429$	17640.389	17659.401	17634.389
ALT-Exponential	$\alpha = -0.976$ $\beta = 1.610$	18761.581	18774.256	18757.581
Mixed Weibull	$p = 0.712$ $\beta_1 = 3.406$ $\lambda_1 = 2.822$ $\beta_2 = 7.188$ $\lambda_2 = 2.333$	17230.881	17262.566	17220.881



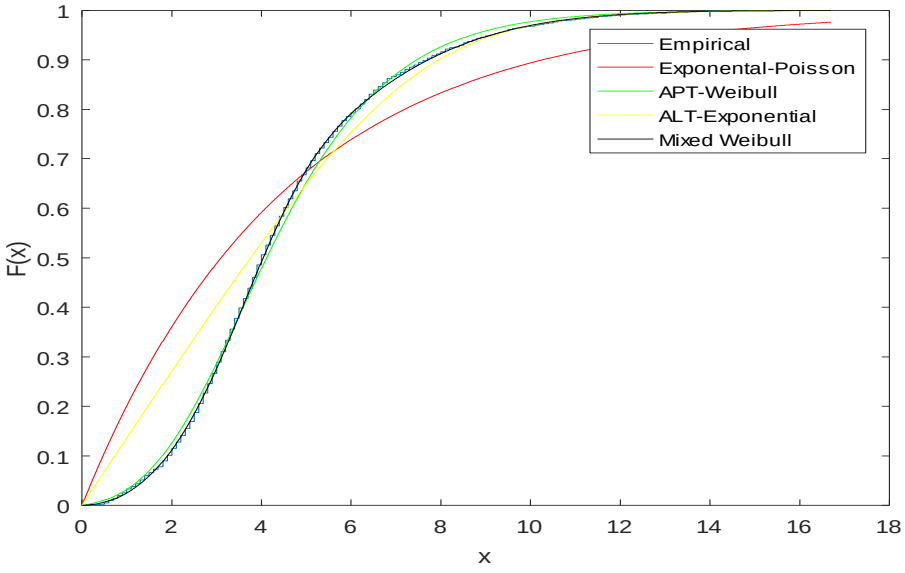
Şekil 3.22. Güneysınır ilçesi 09:00-11:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

Güneysınır ilçesinin 09:00-11:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 0.9943 ve varyansı 3.3870 olarak elde edilmiştir.

3.3.5. 12:00-14:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.23. Güneysınır ilçesi 12:00-14:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.223$	20855.711	20868.386	20851.711
APT-Weibull	$\alpha = 98.210$ $\lambda = 1.152$ $\beta = 0.372$	18203.545	18222.556	18197.545
ALT-Exponential	$\alpha = -0.992$ $\beta = 1.502$	19283.751	19296.425	19279.751
Mixed Weibull	$p = 0.363$ $\beta_1 = 3.972$ $\lambda_1 = 3.557$ $\beta_2 = 5.609$ $\lambda_2 = 1.922$	18134.13	18165.815	18124.130



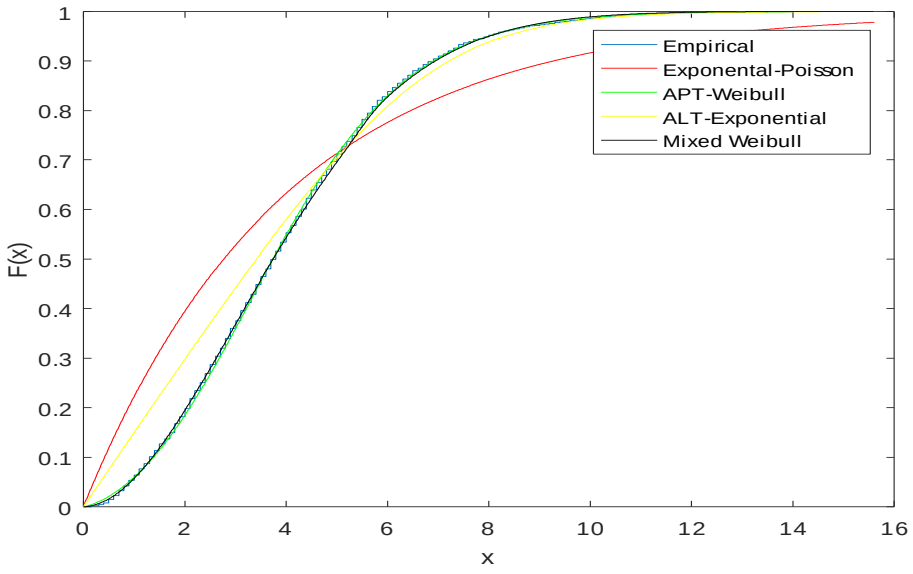
Şekil 3.23. Güneysınır ilçesi 12:00-14:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

Güneysınır ilçesinin 12:00-14:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 4.4677 ve varyansı 5.0807 olarak elde edilmiştir.

3.3.6. 15:00-17:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.24. Güneysınır ilçesi 15:00-17:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 71.357$ $\beta = 0.003$	19970.614	19983.289	19966.614
APT-Weibull	$\alpha = 12.863$ $\lambda = 1.361$ $\beta = 0.235$	17867.569	17886.580	17861.569
ALT-Exponential	$\alpha = -0.992$ $\beta = 1.354$	18110.798	18423.472	18406.798
Mixed Weibull	$p = 0.023$ $\beta_1 = 5.502$ $\lambda_1 = 18.849$ $\beta_2 = 4.471$ $\lambda_2 = 1.869$	17839.739	17871.425	17829.739



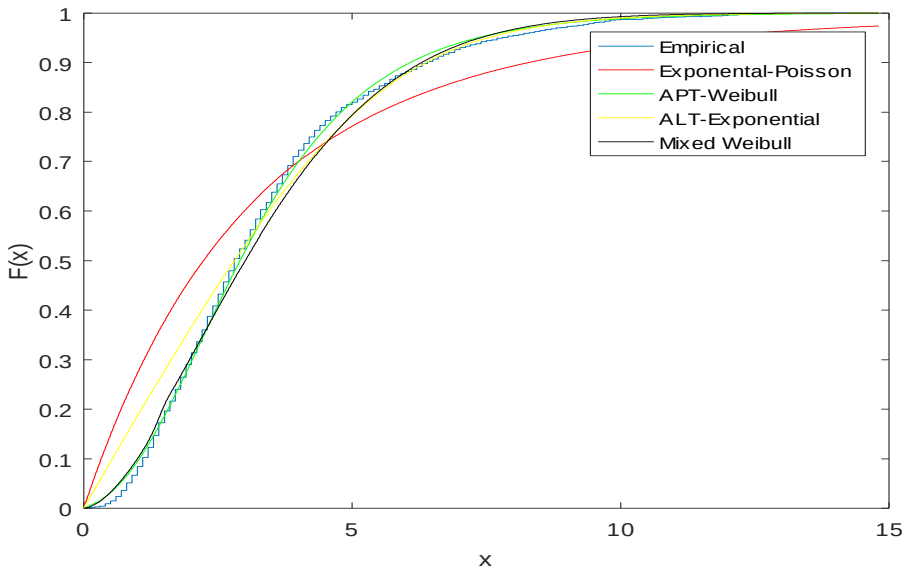
Şekil 3.24. Güneysınır ilçesi 15:00-17:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

Güneysınır ilçesinin 15:00-17:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 4.0014 ve varyansı 4.7561 olarak elde edilmiştir.

3.3.7. 18:00-20:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.25. Güneysınır ilçesi 18:00-20:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 8.172$ $\beta = 0.039$	18811.929	18824.603	18807.929
APT-Weibull	$\alpha = 99.562$ $\lambda = 0.928$ $\beta = 0.709$	16943.496	16962.508	16937.496
ALT-Exponential	$\alpha = -0.969$ $\beta = 1.474$	17614.013	17626.688	17610.013
Mixed Weibull	$p = 0.024$ $\beta_1 = 1.412$ $\lambda_1 = 13.418$ $\beta_2 = 3.827$ $\lambda_2 = 1.655$	17037.606	17069.291	17027.606



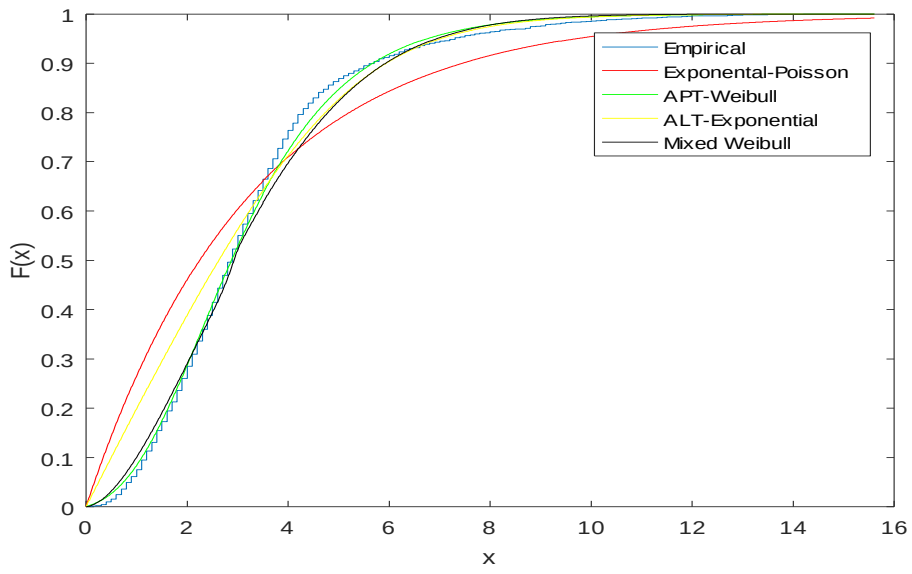
Şekil 3.25. Güneysınır ilçesi 18:00-20:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

Güneysınır ilçesinin 18:00-20:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın APT-Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 3.5365 ve varyansı 3.3971 olarak elde edilmiştir.

3.3.8. 21:00-23:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.26. Güneysınır ilçesi 21:00-23:59 saatler için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 8.7576$ $\beta = 0.308$	18167.587	18180.261	18163.587
APT-Weibull	$\alpha = 94.029$ $\lambda = 1.010$ $\beta = 0.625$	16224.723	16242.734	16218.723
ALT-Exponential	$\alpha = -0.970$ $\beta = 1.361$	17126.197	17138.871	17122.197
Mixed Weibull	$p = 0.968$ $\beta_1 = 3.662$ $\lambda_1 = 1.701$ $\beta_2 = 2.906$ $\lambda_2 = 26.812$	16425.266	16456.952	16415.266



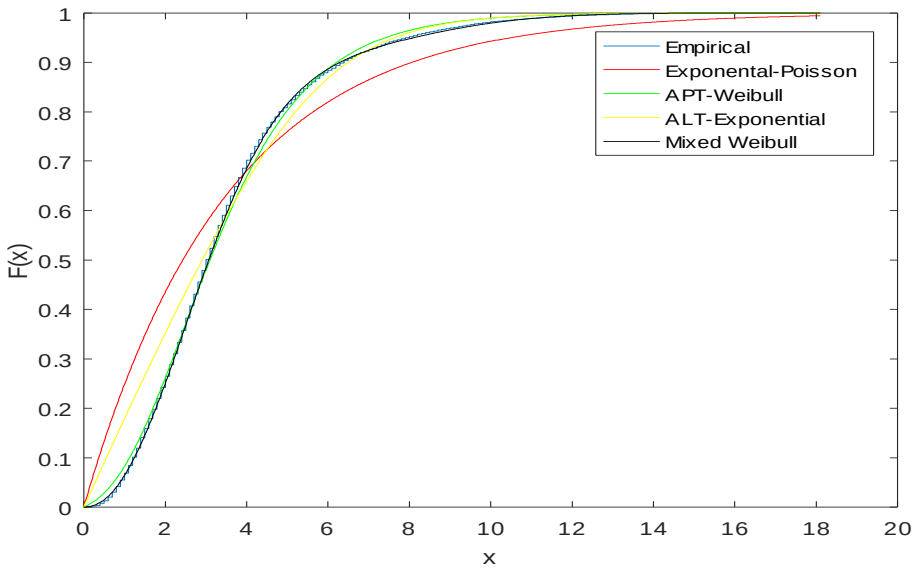
Şekil 3.26. Güneysınır ilçesi 21:00-23:59 için ampirik dağılım ve diğer modeller

Güneysınır ilçesinin 21:00-23:59 saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın APT-Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 3.5448 ve varyansı 10.9953 olarak elde edilmiştir.

3.3.9. Tüm saatler için rüzgâr hızının modellenmesi

Çizelge 3.27. Güneysınır ilçesi tüm saatleri için parametre tahmini ve uyum iyiliği istatistikleri

Model	Parametre Tahmini	AIC	BIC	-2ℓ
Exponential-Poisson	$\lambda = 0.000$ $\beta = 0.285$	150619.716	150636.549	150615.716
APT-Weibull	$\alpha = 60.159$ $\lambda = 1.022$ $\beta = 0.566$	136642.260	136667.510	136636.260
ALT-Exponential	$\alpha = -0.976$ $\beta = 1.438$	142690.339	142707.172	142686.339
Mixed Weibull	$p = 0.867$ $\beta_1 = 3.329$ $\lambda_1 = 2.133$ $\beta_2 = 8.114$ $\lambda_2 = 2.965$	135617.438	135659.521	135607.438



Şekil 3.27. Güneysınır ilçesi tüm saatler için ampirik dağılım ve diğer modeller

Güneysınır ilçesinin tüm saatleri arasındaki rüzgâr hızına ilişkin yapılan analiz sonucunda bu saatler için rüzgâr hızı verisini en iyi modelleyen dağılımın Mixed Weibull dağılımı olduğu görülmüştür. Bu saatlere ilişkin rüzgâr hızının beklenen değeri 3.5193 ve varyansı 2.7751 olarak elde edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde üçer saatlik zaman dilimleri ve genel olarak incelenmiş olan Konya ilinin üç ilçesi Doğanhisar, Altınekin ve Güneysınır için elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir.

4.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında 2014-2018 yılları arasında Doğanhisar, Altınekin ve Güneysınır ilçeleri için saatlik rüzgâr hızı verileri, üçer saatlik zaman dilimleri halinde 8 parça olarak incelenmiştir. Araştırma sonuçlarında her bir ilçe için incelenen her zaman dilimi ve günün tamamı için ele alınan modeller arasından en iyi model üç farklı kriter göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Genel olarak tüm ilçelerde ve hemen hemen tüm zaman dilimlerinde Mixed-Weibull dağılımının veriyi en iyi modelleyen olasılık dağılımı olduğu tespit edilmiştir. Tablo 4.1-4.3'de verilen ortalama rüzgâr hızı ve elektrik üretilebilecek rüzgâr oranı $P(3 < X < 18)$ değerlerine bakıldığında rüzgâr potansiyeli en yüksek olan ilçenin Altınekin olduğu söylenebilir. Bu sonuç sadece, Altınekin ilçesinin rüzgâr açısından incelenebileceği anlamına gelmektedir. Hiç şüphesiz ki bu ilçelerdeki rüzgâr enerji potansiyelinin tahmin edilebilmesi için rüzgâr tribünlerinin kurulacağı bölgeden ve mümkünse tribün yüksekliğinden rüzgâr hızı ölçümleri yapılmalıdır. Bu sayede çok pahalı bir yatırım olan rüzgâr tribünlerinin ilgilenilen bölgeye kurulmasının mantıklı olup olmadığı doğru bir şekilde incelenebilecektir.

4.1.1. Doğanhisar İlçesi İçin Sonuçların Değerlendirilmesi

Çizelge 4.1. Doğanhisar ilçesi için genel durum değerlendirilmesi

Saat Dilimi	Model	Ortalama Rüzgâr Hızı	Varyans	$P(3 < X < 18)$	$P(7 < X < 11)$
00:00-02:59	Mixed Weibull	3.0573	2.6169	0.3889	0.0505
03:00-05:59	Mixed Weibull	2.8110	3.4013	0.3077	0.0534
06:00-08:59	Mixed Weibull	3.1403	4.2936	0.3310	0.0737
09:00-11:59	Mixed Weibull	3.8265	5.0998	0.4751	0.1047
12:00-14:59	Mixed Weibull	3.9162	4.9561	0.5499	0.0887
15:00-17:59	APT-Weibull	5.4610	3.9347	0.5361	0.0886
18:00-20:59	Mixed Weibull	3.6746	2.9259	0.5364	0.0842
21:00-23:59	Mixed Weibull	3.3999	3.5490	0.4664	0.0655
Tüm saatler	Mixed Weibull	3.4380	4.3113	0.4409	0.0787

Doğanhisar ilçesi için her bir zaman aralığı için modellenen dağılım aracılığı ile beklenen rüzgâr hızları Çizelge 4.1'de verilmiştir. En yüksek rüzgar hızı ortalama 5.4610 ile saat 15:00 ile 17:59 saatleri arasında beklenmekte iken en düşük rüzgar hızı 2.8110 ile 03:00 ile 05:59 saatleri arasında beklenmektedir. Tüm saatler göz önüne alındığında ise beklenen rüzgar hızı 3.4380 olarak hesaplanmış ve bu değer cut-in değeri olan 3-4 m/s arasında yer almaktadır.

4.1.2. Altınekin İlçesi İçin Sonuçların Değerlendirilmesi

Çizelge 4.2. Altınekin ilçesi için genel durum değerlendirilmesi

Saat Dilimi	Model	Ortalama Rüzgâr Hızı	Varyans	$P(3 < X < 18)$	$P(7 < X < 11)$
00:00-02:59	Mixed Weibull	3.7732	4.0259	0.5782	0.0646
03:00-05:59	Mixed Weibull	3.6274	3.0391	0.5535	0.0532
06:00-08:59	APT-Weibull	4.2405	4.1048	0.5603	0.0722
09:00-11:59	Mixed Weibull	4.1532	4.7400	0.6195	0.0966
12:00-14:59	Mixed Weibull	4.5040	4.4660	0.6907	0.0984
15:00-17:59	Mixed Weibull	4.3387	3.8908	0.6759	0.0979
18:00-20:59	Mixed Weibull	4.1305	4.9131	0.6296	0.0855
21:00-23:59	APT-Weibull	5.4164	4.6232	0.6089	0.1023
Tüm saatler	Mixed Weibull	4.0299	4.3191	0.6115	0.0797

Altınekin ilçesi için her bir zaman aralığı için modellenen dağılım aracılığı ile beklenen rüzgâr hızları Çizelge 4.2' de verilmiştir. En yüksek rüzgar hızı ortalama 5.4164 ile saat 21:00 ile 23:59 saatleri arasında beklenmekte iken en düşük rüzgar hızı 3.6274 ile 03:00 ile 05:59 saatleri arasında beklenmektedir. Tüm saatler göz önüne alındığında ise beklenen rüzgar hızı 4.0299 olarak hesaplanmış ve bu değer cut-in değeri olan 3-4 m/s aralığının hemen üzerindedir.

4.1.3. Güneysınır İlçesi İçin Sonuçların Değerlendirilmesi

Çizelge 4.3. Güneysınır ilçesi için genel durum değerlendirilmesi

Saat Dilimi	Model	Ortalama Rüzgâr Hızı	Varyans	$P(3 < X < 18)$	$P(7 < X < 11)$
00:00-02:59	Mixed Weibull	3.0721	2.1256	0.4259	0.0368
03:00-05:59	Mixed Weibull	2.8635	1.9776	0.3684	0.0343
06:00-08:59	APT-Weibull	3.1290	2.4652	0.4502	0.0399
09:00-11:59	Mixed Weibull	0.9943	3.3870	0.6067	0.0934
12:00-14:59	Mixed Weibull	4.4677	5.0807	0.7228	0.1215
15:00-17:59	Mixed Weibull	4.0014	4.7561	0.6203	0.0933
18:00-20:59	APT-Weibull	3.5365	4.2119	0.6043	0.0841
21:00-23:59	APT-Weibull	3.5448	3.8554	0.5815	0.0863
Tüm saatler	Mixed Weibull	3.5193	2.7751	0.5154	0.0650

Güneysınır ilçesi için her bir zaman aralığı için modellenen dağılım aracılığı ile beklenen rüzgâr hızları Çizelge 4.3'de verilmiştir. En yüksek rüzgar hızı ortalama 4.4677 ile saat 12:00 ile 14:59 saatleri arasında beklenmekte iken en düşük rüzgar hızı 0.9943 ile 09:00 ile 11:59 saatleri arasında beklenmektedir. Tüm saatler göz önüne alındığında ise beklenen rüzgar hızı 3.5193 olarak hesaplanmış ve bu değer cut-in değeri olan 3-4 m/s arasında yer almaktadır.

4.2. Öneriler

Bu çalışma son dönemlerde temiz enerji kaynağı olarak oldukça büyük öneme sahip olan rüzgâr enerjisi konusunda Konya ili Doğanhisar, Güneysınır ve Altınekin ilçelerinin potansiyellerini ortaya koyması açısından büyük öneme sahiptir. Bundan sonra Konya ili için yeni kurulacak rüzgâr hızı ölçüm istasyonları üzerinden elde edilecek verilerden ilgili bölgedeki rüzgâr enerjisi potansiyelleri de belirlenebilir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan modeller dışında başka modeller de denenebilir ve burada çalışılan modeller ile kıyaslanabilir.

KAYNAKLAR

Akaike, H., 1974, A new look at the statistical model identification, In: Selected Papers of Hirotugu Akaike, Eds: Springer, p. 215-222.

Akdi, Y., 2014, Matematiksel istatistiğe giriş, Gazi Kitabevi.

Celik, A. N., 2004, A statistical analysis of wind power density based on the Weibull and Rayleigh models at the southern region of Turkey, *Renewable energy*, 29 (4), 593-604.

Dorvlo, A. S., 2002, Estimating wind speed distribution, *Energy Conversion and Management*, 43 (17), 2311-2318.

Erisoglu, M., Calis, N., Servi, T., Erisoglu, U. ve Topaksu, M., 2011, The mixture distribution models for interoccurence times of earthquakes, *Russian Geology and Geophysics*, 52 (7), 737-744.

Golding, E. W. ve Harris, R., 1976, The generation of electricity by wind power, E. & FN Spon London.

https://www.enerjiatlasi.com/.

https://www.mgm.gov.tr.

https://www.tureb.com.tr/.

Kantar, Y. M., Usta, I., Arik, I. ve Yenilmez, I., 2018, Wind speed analysis using the extended generalized Lindley distribution, *Renewable energy*, 118, 1024-1030.

Kaplan, Y. A., 2016, Rayleigh ve Weibull dağılımları kullanılarak osmaniye bölgesinde rüzgar enerjisinin değerlendirilmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi*, 20 (1), 62-71.

Karakaya, K., Kinaci, I., Coşkun, K. ve Yunus, A., 2017, A new family of distributions, *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, 46 (2), 303-314.

Karthikeya, B., Negi, P. S. ve Srikanth, N., 2016, Wind resource assessment for urban renewable energy application in Singapore, *Renewable energy*, 87, 403-414.

Kuş, C., 2007, A new lifetime distribution, *Computational Statistics & Data Analysis*, 51 (9), 4497-4509.

Mohammadi, K., Alavi, O. ve McGowan, J. G., 2017, Use of Birnbaum-Saunders distribution for estimating wind speed and wind power probability distributions: A review, *Energy Conversion and Management*, 143, 109-122.

Nassar, M., Alzaatreh, A., Mead, M. ve Abo-Kasem, O., 2017, Alpha power Weibull distribution: Properties and applications, *Communications in Statistics-Theory and Methods*, 46 (20), 10236-10252.

Ozgur, M., Arslan, O., Kose, R. ve Peker, K., 2009, Statistical evaluation of wind characteristics in Kutahya, Turkey, *Energy Sources, Part A*, 31 (16), 1450-1463.

Schwarz, G., 1978, Estimating the dimension of a model, *The annals of statistics*, 6 (2), 461-464.

Spera, D. A., 1994, Wind turbine technology: fundamental concepts of wind turbine engineering, ASME press New York.

Şirin, S. M., 2017, A panel data analysis on the costs of Turkish electricity distribution companies, *Energy strategy reviews*, 18, 250-259.

Terzi, İ., 2014, Tokat İli Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Değerlendirilmesi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi*.

Tony, B., 2001, Wind energy handbook, Wiley.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Emine KARAKAYA
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Çankırı -23.10.1991
Telefon	**:**	0533 329 1255
Faks	**:**	-
e-mail	**:**	eminekadir_4218@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Çankırı Lisesi, Merkez, Çankırı	2009
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi, İstatistik Bölümü, Konya	2013
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, FBE İstatistik ABD	
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

Kınacı, İ., Karakaya, E. ve Kuş, C., 2018, Modelling of Wind Speed Data for Konya, 11. International Statistics Days Conferenc, 3-7 October 2018, Muğla.