**T.C.**
**BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# ENERJİ NAKİL HATLARINDA KOMPOZİT ÖZLÜ ALÜMİNYUM İLETKEN KULLANILARAK VERİMLİLİĞİN ARTTIRILMASI

**Engin KIRAN**

**Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Elektrik Elektronik Mühendisliği Programı**

**AĞUSTOS 2022**

**T.C.**
**BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

# ENERJİ NAKİL HATLARINDA KOMPOZİT ÖZLÜ ALÜMİNYUM İLETKEN KULLANILARAK VERİMLİLİĞİN ARTTIRILMASI

**Engin KIRAN**

**DANIŞMAN**
**Dr. Öğr. Üyesi Serhat Berat EFE**

**Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Elektrik Elektronik Mühendisliği Programı**

**AĞUSTOS 2022**

**ONAY**

Engin KIRAN tarafından hazırlanan "**Enerji Nakil Hatlarında Kompozit Özlü Alüminyum İletken Kullanılarak Verimliliğin Arttırılması**" adlı tez çalışması 11/08/2022 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

| **Jüri Üyeleri** | **İmza** |
|---|---|
| Dr. Öğr. Üyesi Serhat Berat EFE<br>(Danışman) | _____ |
| Prof. Dr. Metin DEMİRTAŞ<br>(Üye) | _____ |
| Dr. Öğr. Üyesi Evren İŞEN<br>(Üye) | _____ |

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun …/…/…gün ve …/… sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Abdullah YEŞİL

Enstitü Müdürü

**BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**YÜKSEK LİSANS**
**ETİK BEYANI**

Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum "**Enerji Nakil Hatlarında Kompozit Özlü Alüminyum İletken Kullanılarak Verimliliğin Arttırılması**" adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim. 11/08/2022

**Engin KIRAN**

# ÖNSÖZ

Elektrik enerjisine olan ihtiyacın artması beraberinde daha verimli sistemlerin kullanımı gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Özellikle enerji iletim ve dağıtım sistemlerinde mevcut yapıların daha verimli ve yüksek kapasiteli ekipmanlar ile değişimi günümüzün önemli çalışma konuları arasında bulunmaktadır.

Üretim ve tüketim kapasitesinin sürekli artışı ve buna karşılık iletim ve dağıtım kapasitesinin yetersiz kalışı, özellikle hat kayıplarının azaltılması ve artan akım seviyesine bağlı olarak yüksek sıcaklıkta iletkenlerin ve yardımcı donanımın çalıştırılabilmesi vb. konuların çözülebilmesi açısından enerji iletim/dağıtım hatlarının yeniden düzenlenmesi için dünyada ve ülkemizde farklı çalışmalar yürütülmektedir.

Bu çalışmada, mevcutta kullanımda olan Enerji Nakil Hatları'nın daha verimli hale getirilmesi amacıyla iletken modernizasyonu gerçekleştirilerek elde edilen sonuçlara göre avantajlar irdelenmiştir. Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş. (UEDAŞ) İnegöl İşletme Müdürlüğü sorumluluğundaki Alanyurt ve Köyler Fiderleri üzerinde bulunan mevcut çelik özlü alüminyum iletken çeşitlerinden biri olan Hawk iletkeni ile değişim sonrası kompozit özlü alüminyum iletken çeşitlerinden biri olan Lisbon iletkene ait ölçülen elektriksel parametrelerin analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar üzerinden sistemin verimliliği incelenmiş ve öneriler sunulmuştur.

Bu tez çalışması sırasında, tez konusunun belirlenmesinden başlayarak son aşamaya kadar her konuda benden yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Serhat Berat EFE' ye sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez için saha keşif ve araştırma aşamasında detaylı tüm bilgi ve belgeleri paylaşan UEDAŞ İnegöl İşletme Müdürü Sayın Hasan Ali YÜRÜK ve İşletme Müdendisi Sayın Serkan AKKAYA' ya, ayrıca yazılım ve analiz kısımlarında desteğini sürekli yanımda hissettiğim UEDAŞ Genel Müdürlüğü Genel Aydınlatma ve Kayıp Analizi Yönetmeni değerli iş arkadaşım Sayın Erdi KOCADAĞ' a gönülden teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Bu günlere gelmemde büyük emekleri olan canım annem Kibariye KIRAN' a ve babam Cevat KIRAN' a, yoğun çalışma temposunda benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen eşim Ayşe'ye, tezimi yazmamda bana fırsat veren, varlığı ile dünyamı anlamlandıran, motivasyon kaynağım biricik kızım Zeynep İnci' ye şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, 05.08.2022 tarih ve 14616 sayılı yazı ile tez kapsamında kullanılan veriler için kullanım izni veren ULUDAĞ ELEKTRİK DAĞITIM A.Ş. Bandırma Dağıtım ve Bağlantı Hizmetleri Mühendisliği'ne teşekkür ederim.

# ÖZET


**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ENERJİ NAKİL HATLARINDA KOMPOZİT ÖZLÜ ALÜMİNYUM İLETKEN KULLANILARAK VERİMLİLİĞİN ARTTIRILMASI**

**Engin KIRAN**

**Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi**
**Fen Bilimleri Enstitüsü**
**Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**
**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Serhat Berat EFE**
**Ağustos 2022, 97 sayfa**

Yüz yılı aşkın süredir havai hat iletkenlerindeki çelik öz, çekme mukavemetini arttırmak, kısa taşıma yapıları arasında daha uzun menzil mesafesi sağlamak ve çıplak havai iletkenlerin sıcaklığa bağlı sarkmalarını azaltmak için kullanılmıştır.

Enerjinin transferinde en önemli unsurlardan biri olan iletkenler üzerinde de gelişen teknoloji ile birlikte pek çok araştırma ve uygulama yapılmaktadır. Havai hatlar üzerinde farklı teknolojilere sahip iletkenler kullanılarak yüksek sıcaklıklarda çalışma imkânı sağlanması, akım taşıma kapasitesinin arttırılması, mekanik dayanımın geliştirilmesi ve sehimin azaltılması gibi konularda güç sistemlerinin verimliliğinin arttırılması amaçlanmaktadır. Yüksek sıcaklıkta düşük sehimli (High Temperature Low Sag - HTLS) iletken teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte etkin enerji sistemlerinin dizaynına olanak sağlanmıştır. Temel olarak yüksek yüzey sıcaklığında yüksek akım taşıma kapasitesine sahip HTLS iletkenler sahip oldukları düşük sehim değeri ile güvenilirliği de arttırmaktadır. Bunun yanında, yüksek maliyetlerine karşın kayıpların azaltımı, farklı direk tiplerinin kullanımına uygun olmaları vb. parametreler dikkate alındığında uygun ekonomik çözümler üretilebilmektedir.

Günümüzde yüksek taşıma kapasitesi ihtiyacı duyulan birçok iletim hattı üzerinde geleneksel yapıdaki çelik özlü alüminyum iletkenlerin (ACSR) yerine yüksek teknolojiye sahip kompozit özlü alüminyum iletkenlerin (ACCC) tercih edilmesine yönelik çalışmalar

gerçekleştirilmektedir. HTLS iletken kullanımı sırasında gerçekleştirilen testler, laboratuvar testleri ve saha testleri olmak üzere iki safhada ele alınmaktadır. Saha testlerinde ısıl dayanım, sehim değerinin tespit edilmesi, gerilme dayanımının ortaya konulması, akım taşıma kapasitesi vb. çalışmalar gerçekleştirilirken, laboratuvar ortamında da genellikle iletken yapısı ve dayanımı test edilebilmektedir.

Bu tezde, sıcaklık toleransı yüksek ve düşük sehime sahip iletkenlerin (HTLS) bir çeşidi olan kompozit özlü alüminyum iletkenlerin (ACCC) havai hatlarda kullanılması ile gerçek bir uygulama üzerinden elde edilen veriler analiz edilmiş ve bu sayede iletkenlerin verimliliği incelenmiştir. Bu kapsamda; Türkiye' de ilk defa üretimi yapılan ve pilot uygulama olarak Bursa İli, İnegöl İlçesi sınırları içerisindeki İnegöl Trafo Merkezi' nden enerji alan, ALANYURT ve KÖYLER Fiderleri olarak adlandırılan çift devre Enerji Nakil Hattı belirlenmiştir. Bu hattın hem HAWK hem de LISBON iletken tesisi durumları için akım, aktif ve reaktif güç durumları, gerilim düşümü, hat yüklenmesi ve hat kayıpları detaylı incelenmiş, elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak kompozit özlü alüminyum iletken yapılarının işletme ve verim açısından faydaları tartışılmıştır.

**Anahtar kelimeler**: HTLS, ACSR, ACCC, HAWK, LISBON, Yüksek Sıcaklıkta Düşük Sehim, Çelik Özlü Alüminyum İletken, Kompozit Özlü Alüminyum İletken

# ABSTRACT

**M.Sc. THESIS**

**INCREASING EFFICIENCY BY USING COMPOSITE CORE ALUMINUM CONDUCTOR IN ENERGY TRANSMISSION LINES**

**Engin KIRAN**

**Bandırma Onyedi Eylül University**
**Graduate School of Natural and Applied Sciences**
**Department of Electrical and Electronics Engineering**
**Supervisor: Asst. Prof. Dr. Serhat Berat EFE**
**August 2022, 97 pages**

For over a century, steel core in overhead line conductors has been used to increase tensile strength, provide longer spacing between short bearing structures, and reduce temperature-induced sagging of bare overhead conductors.

Along with the developing technology, many researches and apps are carried out on conductors, which are one of the most important elements in the transfer of energy. It is aimed to increase the efficiency of power systems in subjects such as providing the opportunity to work at high temperatures by using conductors with different technologies on overhead lines, increasing the current carrying capacity, improving mechanical strength and reducing deflection. With the developments in High Temperature Low Sag (HTLS) conductor technologies, it has been possible to design efficient energy systems. Basically, HTLS conductors with high current carrying capacity at high surface temperature also increase reliability with their low deflection value. In addition, despite their high cost, reducing losses, being suitable for the use of different pole types etc. When the parameters are taken into consideration, suitable economic solutions can be produced.

Today, studies are carried out to prefer high technology composite core aluminum conductors (HTLS) instead of traditional steel core aluminum conductors (ACSR) on many

transmission lines that need high carrying capacity. The tests performed during the use of HTLS conductors are handled in two phases: laboratory tests and field tests. In field tests, thermal resistance, determination of deflection value, determination of tensile strength, current carrying capacity, etc. while conducting studies, the conductive structure and strength can be tested in the laboratory environment.

In this thesis, the data obtained from a real application using composite core aluminum conductors (ACCC), a type of conductors with high temperature tolerance and low sagging (HTLS), in overhead lines were analyzed and the efficiency of the conductors was investigated. In this context; the double-circuit energy transmission line, called ALANYURT and KÖYLER Feeders, which is produced for the first time in Turkey and receives energy from the İnegöl Transformer Center within the borders of Bursa Province, İnegöl District, has been determined. Current, active and reactive power states, voltage drop, line loading and line losses for both HAWK and LISBON conductor facility conditions of this line were examined in detail, the results obtained were compared and the benefits of composite core aluminum conductor structures in terms of operation and efficiency were discussed.

**Keywords**: HTLS, ACSR, ACCC, HAWK, LISBON, Low Sagging at High Temperature, Steel Core Aluminum Conductor, Composite Core Aluminum Conductor

# İÇİNDEKİLER

Sayfa


**ÖZET** ..... **I**

**ABSTRACT** ..... **III**

**İÇİNDEKİLER** ..... **V**

**ŞEKİL LİSTESİ** ..... **VII**

**TABLO LİSTESİ** ..... **XI**

**SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ** ..... **XII**

**1. GİRİŞ** ..... **1**

**2. ELEKTRİK DAĞITIM TESİSLERİNDE KAYIPLAR** ..... **10**

**2.1 TEKNİK KAYIPLAR** ..... **10**

**2.1.1 Yükten Bağımsız Kayıplar** ..... **10**

**2.1.2 Yüke Bağlı Kayıplar** ..... **11**

**2.1.3 Teknik Olmayan Kayıplar** ..... **11**

**2.2 TÜRKİYE' DE ELEKTRİK KAYIPLARI** ..... **12**

**3. ENERJİ NAKİL HATLARI** ..... **15**

**3.1 ENERJİ NAKİL HATTI ELEMANLARI** ..... **15**

**3.1.1 Direkler** ..... **15**

**3.1.2 İzolatörler** ..... **16**

**3.1.3 İletkenler** ..... **17**

**3.1.3.1 Çelik Özlü Alüminyum İletkenler (ACSR)** ..... **17**

**3.1.3.2 Yüksek Sıcaklıkta Düşük Sehimli İletkenler (HTLS)** ..... **17**

**3.1.3.3 Kompozit Özlü Alüminyum İletkenler (ACCC)** ..... **18**

**3.2 ENERJİ NAKİL HATLARINDA YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR** ..... **21**

**4. KOMPOZİT ÖZLÜ ALÜMİNYUM İLETKENLİ ENH ANALİZLERİ** ..... **26**

**5. SONUÇ VE ÖNERİLER** ..... **67**

**6. KAYNAKLAR** ..... **69**

**7. EKLER** ..... **73**

**EK-1. Köyler Fideri 2017 Yılı Hat Parametre Grafikleri** ..... **73**

**EK-2. Köyler Fideri 2018 Yılı Hat Parametre Grafikleri** ..... **77**

**EK-3. Köyler Fideri 2019-1 Yılı Hat Parametre Grafikleri .....81**
**EK-4. Köyler Fideri 2019-2 Yılı Hat Parametre Grafikleri .....85**
**EK-5. Köyler Fideri 2020 Yılı Hat Parametre Grafikleri .....89**
**EK-6. Köyler Fideri 2021 Yılı Hat Parametre Grafikleri .....93**
**ÖZGEÇMİŞ .....97**

# ŞEKİL LİSTESİ

**Şekil** **Sayfa**


**Şekil 1-1: Enterkonnekte Sistem .....1**

**Şekil 2-1: İletim ve Dağıtım Hatlarında Meydana Gelen Kayıpların Yıllara Göre Değişimi .....13**

**Şekil 3-1: YG ve ÇYG Direk Çeşitleri.....15**

**Şekil 3-2: Porselen, Cam ve Kompozit(Silikon) İzolatör Çeşitleri .....16**

**Şekil 3-3: Kompozit Öz (Çekirdek) Yapısı.....18**

**Şekil 3-4: Kompozit Özlü (ACCC) İletkenin Yapısı .....18**

**Şekil 3-5: ACCC ile ACSR İletkenlerinin Sehim Karşılaştırması.....20**

**Şekil 3-6: İnegöl TM Alanyurt-Köyler Fiderleri Tek Hat Şeması .....22**

**Şekil 3-7: INAVITAS Program Arayüzü .....22**

**Şekil 3-8: DIgSILENT PowerFactory Programı Yük Akışı Analizi Hesaplaması .....23**

**Şekil 3-9: DIgSILENT PowerFactory Programı CBS Modellemesi .....24**

**Şekil 3-10: CBS Verilerinin Program İçerisine Aktarımı .....24**

**Şekil 3-11: Yarı Dinamik Simülasyon Gösterimi.....25**

**Şekil 4-1: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Hawk İletkeni için Akım Değişim Grafiği.....27**

**Şekil 4-2: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Lisbon İletkeni için Akım Değişim Grafiği .....27**

**Şekil 4-3: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Hawk İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği.....28**

**Şekil 4-4: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Lisbon İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği .....28**

**Şekil 4-5: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Hawk İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği .....29**

**Şekil 4-6: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Lisbon İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği .....29**

**Şekil 4-7: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Hawk İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği 30**

**Şekil 4-8: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Lisbon İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği .....30**

**Şekil 4-9: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Hawk İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği.....31**

**Şekil 4-10: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Lisbon İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği ..31**

**Şekil 4-11: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Hawk İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği32**

**Şekil 4-12: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Lisbon İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği .....32**

**Şekil 4-13: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Hawk İletkeni için Akım Değişim Grafiği.....33**

**Şekil 4-14: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Lisbon İletkeni için Akım Değişim Grafiği .....34**

**Şekil 4-15: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Hawk İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği.....34**

**Şekil 4-16: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Lisbon İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği .....35**
**Şekil 4-17: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Hawk İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği .....35**
**Şekil 4-18: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Lisbon İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği.....36**
**Şekil 4-19: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Hawk İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği .....36**
**Şekil 4-20: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Lisbon İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği .....37**
**Şekil 4-21: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Hawk İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği ....37**
**Şekil 4-22: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Lisbon İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği ..38**
**Şekil 4-23: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Hawk İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği38**
**Şekil 4-24: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Lisbon İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği .....39**
**Şekil 4-25: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Hawk İletkeni için Akım Değişim Grafiği.....40**
**Şekil 4-26: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Lisbon İletkeni için Akım Değişim Grafiği .....40**
**Şekil 4-27: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Hawk İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği .....41**
**Şekil 4-28: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Lisbon İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği .....41**
**Şekil 4-29: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Hawk İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği...42**
**Şekil 4-30: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Lisbon İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği .42**
**Şekil 4-31: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Hawk İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği .....43**
**Şekil 4-32: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Lisbon İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği .....43**
**Şekil 4-33: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Hawk İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği.44**
**Şekil 4-34: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Lisbon İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği .....44**
**Şekil 4-35: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Hawk İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği .....45**
**Şekil 4-36: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Lisbon İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği .....45**
**Şekil 4-37: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Hawk İletkeni için Akım Değişim Grafiği.....46**
**Şekil 4-38: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Lisbon İletkeni için Akım Değişim Grafiği .....47**
**Şekil 4-39: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Hawk İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği .....47**
**Şekil 4-40: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Lisbon İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği .....48**

**Şekil 4-41: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Hawk İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği...48**
**Şekil 4-42: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Lisbon İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği .49**
**Şekil 4-43: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Hawk İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği .....49**
**Şekil 4-44: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Lisbon İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği .....50**
**Şekil 4-45: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Hawk İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği.50**
**Şekil 4-46: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Lisbon İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği .....51**
**Şekil 4-47: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Hawk İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği .....51**
**Şekil 4-48: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Lisbon İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği .....52**
**Şekil 4-49: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Hawk İletkeni için Akım Değişim Grafiği.....53**
**Şekil 4-50: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Lisbon İletkeni için Akım Değişim Grafiği .....53**
**Şekil 4-51: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Hawk İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği.....54**
**Şekil 4-52: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Lisbon İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği .....54**
**Şekil 4-53: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Hawk İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği .....55**
**Şekil 4-54: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Lisbon İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği.....55**
**Şekil 4-55: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Hawk İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği .....56**
**Şekil 4-56: Alanyurt Fideri 2020Yılı Lisbon İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği .....56**
**Şekil 4-57: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Hawk İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği....57**
**Şekil 4-58: Alanyurt Fideri 2020Yılı Lisbon İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği ...57**
**Şekil 4-59: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Hawk İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği58**
**Şekil 4-60: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Lisbon İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği .....58**
**Şekil 4-61: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Hawk İletkeni için Akım Değişim Grafiği.....59**
**Şekil 4-62: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Lisbon İletkeni için Akım Değişim Grafiği .....60**
**Şekil 4-63: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Hawk İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği.....60**
**Şekil 4-64: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Lisbon İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği .....61**
**Şekil 4-65: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Hawk İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği .....61**

**Şekil 4-66: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Lisbon İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği.....62**
**Şekil 4-67: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Hawk İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği .....62**
**Şekil 4-68: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Lisbon İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği .....63**
**Şekil 4-69: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Hawk İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği ....63**
**Şekil 4-70: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Lisbon İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği ..64**
**Şekil 4-71: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Hawk İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği64**
**Şekil 4-72: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Lisbon İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği .....65**

# TABLO LİSTESİ

**Tablo** **Sayfa**

**Tablo 2-1: Örnek bir dağıtım sistemindeki kayıplar (TEİAŞ,2020) .....12**

**Tablo 2-2: Ülkemizde enerji iletim ve dağıtım hatlarındaki kayıpların oransal değişimi (TEİAŞ,2020).....12**

**Tablo 3-1: Kompozit Öz ile Çelik Özün Karşılaştırılması .....19**

**Tablo 3-2: Hawk İletken ile Lisbon İletkene Ait Teknik Özellikler.....20**

**Tablo 4-1: Alanyurt Fideri 2017 yılı Hat Parametreleri.....33**

**Tablo 4-2: Alanyurt Fideri 2018 yılı Hat Parametreleri.....39**

**Tablo 4-3: Alanyurt Fideri 2019-1 yılı Hat Parametreleri .....46**

**Tablo 4-4: Alanyurt Fideri 2019-2 yılı Hat Parametreleri .....52**

**Tablo 4-5: Alanyurt Fideri 2020 yılı Hat Parametreleri.....59**

**Tablo 4-6: Alanyurt Fideri 2021 yılı Hat Parametreleri.....65**

**Tablo 4-7: Köyler Fideri 2017-2021 Yılları Arası Hat Parametre Değerleri .....66**

# SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

| **Simgeler** | **Açıklama** |
|---|---|
| A | : Amper |
| V | : Gerilim |
| I | : Akım |
| Q | : Reaktif Güç |
| Hz | : Frekans |
| MW | : MegaWatt |
| MVAr | : MegaVoltAmper |
| kA | : KiloAmper |
| kV | : Kilovolt |

| **Kısaltmalar** | **Açıklama** |
|---|---|
| UEDAŞ | : Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş. |
| ACSR | : Çelik Özlü Alüminyum İletken |
| ACCC | : Kompozit Özlü Alüminyum İletken |
| HTLS | : Yüksek Sıcaklıkta Düşüm Sehim |
| TM | : Trafo Merkezi |
| ENH | : Enerji Nakil Hattı |
| AG | : Alçak Gerilim |
| OG | : Orta Gerilim |
| YG | : Yüksek Gerilim |
| ÇYG | : Çok Yüksek Gerilim |
| HVDC | : Yüksek Gerilimde Doğru Akım |
| DC | : Doğru Akım |
| AC | : Alternatif Akım |
| TRP | : Trafo Postası |

# 1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında teknolojinin hayatımızda yer alması ile birlikte enerjiye olan ihtiyacın önemi her geçen gün daha fazla hissedilmektedir. Sağlıklı ve kesintisiz enerjiye ulaşım tüm ülkelerin ortak hedefleri haline gelmiş olup daha verimli sistemlerin kullanımı için çalışmalar yürütülmektedir. Üretilen elektrik enerjisinin kullanım noktalarına kadar ulaştırılması esnasında sistemde önemli miktarda enerji kayıpları oluşur. Bu kayıp enerjinin yaklaşık %7' si iletim hatlarında %10'u da dağıtım şebekelerinde meydana gelmektedir [1]. Bu kayıp enerjinin büyüklüğünün anlaşılması açısından; Ülkemizin puant yükü yaklaşık 50.000 MegaWatt (MW) olarak hesaplanırsa 8.500 MW'lık enerji sistemde kaybolmaktadır. Bu da yaklaşık 8 adet 1000 MW'lık santralin sadece kayıpların karşılanması için çalışması anlamına gelmektedir. Böyle bir durumda artan kayıplara karşın enerji üretim santrallerinin kurulumunun yüksek maliyetli olması da, araştırmacıları mevcut enerji sistemlerinin daha etkin kullanılmasına yönelik çalışmalara yönlendirmektedir.

Elektrik üretim santrallerini son tüketim noktası ile birleştiren, örneği Şekil 1-1'de verilen ve bu kapsamda birbirleriyle bağlı olup birlikte çalışan sisteme enterkonnekte sistem denir. Elektrik iletim sistemi ve dağıtım sistemi dâhil olmak üzere tüm kullanıcı sistemleri elektrik şebekesini oluşturur [2].




**Şekil 1-1: Enterkonnekte Sistem**

Elektrik üretim santrallerinde elektrik enerjisinin üretiminden en son noktadaki kullanıcıya kadar ulaştırılması için yapılması gereken tesisler iletim ve dağıtım tesisleridir. İletim sistemi, üretim tesislerinden itibaren 34,5 kV üzerindeki gerilim seviyesini kapsayan elektrik enerjisinin iletiminin gerçekleştirildiği tesislerdir. İletim tesisleri, elektrik enerjisini, elektrik santrallerinden tüketim bölgelerine (şehir, kasaba, sanayi tesisi, fabrika, vs.) ileten tesislerdir [2].

Dağıtım tesisleri ise, bir tüketim bölgesi içerisinde, elektrik enerjisini tüketicilere kadar ulaştırmak için kurulan tesislerdir. Dağıtım tesisleri, iletim tesislerinin ve dağıtım gerilim seviyesinden bağlı üretim ve tüketim tesislerine ait şalt sahalarının bittiği noktadan sonraki nihayet direğinden itibaren, alçak gerilim seviyesinden bağlı tüketicilerin bina giriş noktalarına kadar olan yerleri kapsamaktadır [2].

Ülkemizdeki elektrik iletim sistemi gerilim seviyeleri fazlar arası gerilimler 380 kV çok yüksek gerilim (ÇYG), 66 kV - 154 kV yüksek gerilim (YG), elektrik dağıtım sistemindeki orta gerilim (OG) seviyeleri ise 6,3 kV - 10,5 kV - 15,8 kV - (30-31,5-33-34,5-35-36) kV olarak sıralanabilir. Alçak gerilim ise etkin değeri 1000 volt ya da 1000 voltun altında olan fazlar arası gerilim olarak tanımlanabilir.

Dağıtım tesisleri, dağıtım şebekeleri ve dağıtım hatları olmak üzere iki ana bölümden oluşur. Dağıtım şebekeleri şehir, kasaba, köy vb yerleşim yerlerinin alçak gerilim ve orta gerilim elektrik şebekesi ve trafo postasından oluşmaktadır. Dağıtım hatları OG seviyesindeki enerjinin direkler üzerinden büyük açıklıklarla taşınmasıdır. YG/AG güç dönüşümünün yapıldığı dağıtım trafosu, AG dağıtım panosu, koruma ve şalt cihazları grubu trafo postası (TRP) olarak isimlendirilmektedir [3].

Günümüzün önemli bir alanı olarak ortaya çıkan enerji kavramı ve enerjinin daha verimli kullanımı, enerji üretimi ve iletimi açısından oldukça önemlidir.

Bu kapsamda, Tayşi ve ark. [4] enerji iletim hatlarında kullanılan direklerin statik yükler altındaki şekil optimizasyonu için sonlu elemanlar metodu ile genetik algoritma metotlarını birleştiren bir modüler bilgisayar programı geliştirmişlerdir. Oluşturulan algoritma daha hafif, güvenli ve ekonomik yapılarda direk üretiminin mümkün olduğunu göstermiştir.

Zhuo vd. [5] Çinde Huludao şehrindeki 10 kV'luk elektrik dağıtım sisteminin teknik ve teknik olmayan kayıplarını inceleyerek azaltılmasına yönelik önerilerde bulunmuşlardır. Bu kapsamda, iletim hatlarının verimli ve güvenli hale getirilmesi için güçlendirilmiş karbon fiber (ACCC) tel çekirdekli alüminyum iletken ile geleneksel alüminyum iletken çelik takviyeli (ACSR) telin elektrik performansını, mekanik özelliklerini ve ekonomisini araştırmışlar ve ACCC 'nin kullanımının daha avantajlı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Güç sistemlerinde, enerji verimliliğini sağlamak ve sistem kararlılığını artırmak adına, High Voltage Direct Current (HVDC) ile enerji iletimi yapılabilmektedir. HVDC sisteminde kullanılan yarı iletken teknolojisi sayesinde, enerji iletim sistemi seri bir şekilde kontrol edilebilir hale gelmektedir. Flourentzou vd. [6] yaptıkları çalışmada, mevcut bir AC iletim hattının yerine HVDC iletim hattının kullanılmasının getireceği enerji kazanımını, gerçek verilere dayanarak ortaya koymuşlardır.

Yapıcı [7], Konya İli, Ereğli İlçesi dağıtım şebekesinde genetik algoritma ve Newton-Raphson yöntemleri ile reaktif güç optimizasyon çalışması yapmıştır. Elektrik sistemlerinde yapılan reaktif güç optimizasyonu ile aktif güç kayıpları azaltılarak, reaktif güç değerleri elektrik güç sistemlerine yerleştirilen kapasitör grupları ile düzeltilmiş ve kapasitör değerleri genetik algortima ile belirlenmiştir. Genetik algoritmanın, Newton-Raphson yönteminden daha iyi sonuçlar ürettiği görülmüş ve reaktif güç optimizasyonu yapılarak ekonomik kazanç sağlanacağı da tespit edilmiştir.

S. Berjozkina vd. [8] gerçekleştirdiği çalışmada, Baltık güç sisteminin önemli parçaları olan ve Letonya'da bulunan mevcut iki iletim hattının yeni teknolojiler ile değiştirilmesi durumu incelenmiştir. Çalışma kapsamında işletmede bulunan ACSR iletkenlerin yerine ACCC, ACCR ve GTACSR iletken tiplerinin kullanımı göz önüne alınmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda her iki hat için ACCC iletken kullanımının optimal çözüm olduğu ifade edilmiştir.

Osman ve ark. [9] belirli bir gerilim seviyesindeki iletim hattı için iletken boyutunun seçilmesine yardımcı olmak amacıyla maliyet fonksiyonuna dayalı basit bir optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Model, Bangladeş Güç Sistemi' nin her bir hattına uygulanmakta ve her bir hat için optimal iletken boyutu değerlendirilmektedir. Değerlendirilen sonuç, optimal iletken boyutunun önemli miktarda iletim kaybını azalttığını ve anlamlı bir yıllık tasarruf sağladığını açıkça ortaya koymaktadır.

Tim Kavanagh ve Oisin Armstrong [10] yaptığı çalışmada İrlanda'da bulunan 220 kV gerilimli 800 km'lik bir hat üzerinde gerçekleştirilmesi hedeflenen kapasite artışına yönelik olarak 5 farklı HTLS iletken tipinin kullanımı, teknik avantaj, ekonomik avantaj ve potansiyel risk faktörleri açısından değerlendirilmiştir.

Roman Nechitaev ve ark. [11] elektrik şebekesinde enerji verimliliğini ve enerji tasarrufunu artırmak için enerji nakil hattı direklerinde endüksiyon akımları ve ısıtma ile ilgili deneysel çalışmaların sonuçlarını sunmaktadırlar. Isı dengesi denklemi kullanılarak, endüksiyon akımlarının gücünün sınır değerlerini ve ünite parçalarının ısıtma sıcaklığını bulma problemlerini grafiksel bir yöntemle çözmeye çalışmışlardır. Sonuç olarak, yalıtkan traverslerin ve hatta hafif,

yüksek görev kompozit malzemelerden yapılmış destek elemanlarının(gövde, çapraz kol ve gergi telleri için bağlantı noktaları) kullanılması ile endüksiyon akımlarını ortadan kaldırmayı amaçlamışlardır.

R. Geary ve ark. [12] yaptıkları çalışmada İrlanda' daki 220 kV gerilimli, 80 km uzunluğundaki bir hattın HTLS iletken ile yenilenmesi anlatılmaktadır. İncelenen çalışmada, mevcut sistemin fiziksel yapısını(arazi şartları vb.) bozmadan enerji kesinti süresini en aza indirecek şekilde 5 iletken tipi olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonunda, beş iletken tipinden G(Z)TACSR iletkenlerin her durumda gereksinimleri en iyi şekilde karşılayacağı belirtilmiştir.

Aniket V. Kenge vd. [13] yılındaki çalışmalarında iletim hatlarında geleneksel olarak kullanılan ACSR iletkenler ile yüksek sıcaklık düşük sehimli (HTLS) ACCC iletkenlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda, ACCC iletkenin avantajları,

- Akım taşıma kapasitesinde artış,
- Yüksek sıcaklıklara dayanma kapasitesi,
- Düşük sehim,
- $I^2R$ kaybı daha az,
- Güç transfer kapasitesinin fazlalığı, olarak sıralanmıştır.

Jennifer LEW [14] iletim hattı inşaatının maliyetini düşürmek ve yenilenebilir enerji projelerinin uygulanabilirliğini artırmak için Alüminyum İletken Çelik Takviyeli (ACSR) iletkenleri Alüminyum-Kalsiyum Kompozit (Al-Ca) iletkenlerle değiştirmenin faydalarını analiz etmiştir. Tüm durumlarda, iletken çapından bağımsız olarak araştırma, Al-Ca iletkeninin ACSR'ye göre üstün iletkenlik sağladığını göstermiştir. Daha fazla iletkenlikle, Al-Ca'dan yapılan devreler dirençli ısıtmadan daha az güç kaybı yaşayacaktır. Ayrıca araştırma, Al-Ca'nın üstün akma dayanımının daha uzun açıklık uzunluklarına izin verdiğini; sonuç olarak, Al-Ca kullanılarak inşa edilen bir iletim devresi mukavemeti nedeniyle, ACSR kullanılarak inşa edilen aynı devreye sahip enerji iletim hattına oranla daha az direk gerektirecektir.

Dr. Ilie ARDELEAN vd. [15] Romanya güç sisteminde kapasite artırımı ihtiyacı dikkate alınarak çalışma gerçekleştirmişlerdir. N-1 ve N-2 analizleri de dikkate alınarak kapasite artırımına ihtiyaç duyulan bir hat belirlenmiştir. Belirlenen hat için çekme/gerilme, sehim, güç kaybı, akım taşıma kapasitesi, ekonomik olarak uygun olma durumları dikkate alınmıştır. Çalışma sonucunda belirlenen hat için mevcut ACSR 450/70 $mm^2$ iletken yerine diğer HTLS iletkenlerin kullanılabileceği sonucu çıkmıştır.

Koustubh Banerjee [16] 2014 yılında hazırladığı yüksek lisans tez çalışmasında ilk olarak ACCC iletkenlerin çekirdeğinde kullanılan kompozit malzemenin sıcaklığa bağlı mekaniksel değişimi irdelenmiştir. Çalışmanın ikinci kısmında ACCR ve ACCC iletkenler için termal ve mekanik analizler gerçekleştirilmiştir. Son olarak arıza durumunda ACCC ve ACSR iletkenlerdeki sıcaklık artışı gözlemlenmiştir. Yapılan tüm deneylerde ACCC iletkenlerinin ACSR iletkenlerine karşılık daha iyi performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Zhang ve ark. [17] rüzgârlı ortamda ACCC iletkenler ile ACSR iletkenlerde meydana gelen uzamaları incelemişlerdir. Bu durumları simüle edebilen bir yazılımda gerçekleştirilmiştir.

ACCC iletkeninin ACSR iletkeninden 2 önemli farkın olduğu belirtilmiştir:

- Yüzeyinin daha pürüzsüz olduğu (buz yükü üzerinde bunun öneminin olmadığı), salınımın hafif olmasından dolayı daha fazla olacağı ve bu durumda iletkeninin homojen olmayan bir buzla kaplanacağı ifade edilmektedir.
- Çelik tel yerine karbon fiber kompozit çekirdek kullanıldığından, hat ağırlığı ve sarkmasını azaltacağı belirtilmiştir.

Yapılan çalışma sonucunda, ACCC iletkeninde özellikle yüksek rüzgâr hızlarında salınımın daha fazla olduğu görülmüştür. Buna bağlı olarak iletkende ve ek parçalarında deformasyon meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu nedenle salınımı azaltıcı parçaların kullanılması ve direklerin emniyetinin kontrol edilmesi tavsiye edilmektedir.

E. Mateescu vd. [18] 2011 yılında Romanya' da yaptıkları çalışmada Bucharest South-Fundeni arasındaki 220 kV çift devreli hattın HTLS iletkenle yenilenmesi konusundaki incelemeler sunulmuştur. Mevcut iletkenin değiştirilmesi ile iletken, bağlantı ekipmanları ve donanımın yenilenmesiyle beraber hattın mekanik güvenilirliğinin artacağı belirtilmiştir. İletken yenilemede, mekanik yeterliliğin yanı sıra maliyet analizlerinin de dikkate alınması ve uygun çözümlerin belirlenmesi gerekmektedir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda ele alınan sistem için en uygun çözümün ACSS iletken kullanımı olduğu fikri oluşmuştur.

G.Filippone vd. [19] hazırladıkları çalışmada, Sicilya'da bulunan 154 kV nominal gerilimli üç farklı enerji iletim hattının HTLS iletkenler ile değiştirilmesi ve akım taşıma kapasitelerinin ısıl model kullanılarak hesaplanması anlatılmaktadır. Bu çalışmalarda, GIS (Geographic Information System) ve LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) kullanılmıştır. Giriş bölümünde, yeni bir hat kurmanın veya mevcut hattın kapasitesini arttırmanın bürokratik ve çevresel kısıtlar nedeniyle zorluklarından bahsedilmiş. İlerleyen bölümlerde ise, üç farklı iletim hattı ve bu hatlarda kullanılması olası iletkenlerin teknik bilgilerine yer verilerek elektriksel ve mekaniksel deney sonuçları analiz edilmiştir. Sonuç olarak

her üç iletim hattı için, HTLS iletkenlerin ACSR iletkenlere göre oldukça üstün olduğu belirtilmiştir.

Andrés H. Domínguez ve ark. [20] kapasite arttırılması planlanan enerji iletim hatları için, iletken boyutlarını dikkate alan bir model ve çözüm yöntemi geliştirilmiştir. Optimizasyon probleminin çözümü için Chu-Beasley genetik algoritması kullanılmıştır. Ortaya konan optimizasyon algoritması, Kolombiya'da 93 baralı ve 155 kullanıcılı bir güç sisteminde denenmiştir. Çalışma sonucunda, HTLS iletkenin klasik yöntemlere göre yatırım maliyetinin oldukça fazla olduğu belirlenmiştir.

Jonghwan Kwon ile Kory W. Hedman' ın [21] hazırladığı çalışmada IEEE-24 ve IEEE-118 baralı sistemler kullanılmıştır. HTLS iletkenler ile mevcut irtifak sahaları içerisinde kalarak kapasite artırımı amacıyla, ısıl ve sistem ömrü kriterlerini dikkate alan nümerik benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir. Giriş bölümünde, literatürde gerçekleştirilen benzer hat kapasitesi artırma çalışmaları anlatılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmalar hakkında genel bilgi verilmiş olup olumlu ve olumsuz yanları ortaya konmuştur. Analizlerde aşağıdaki kriterler dikkate alınmıştır:

- Mevcut iletkenlerin HTLS iletkenlere dönüştürülmesi,
- ACSR iletkenlere paralel devre eklenmesi,
- HTLS iletkenlere paralel devre eklenmesi,

Çalışma sonucunda iletim kayıpları ihmal edildiğinde, mevcut sistemdeki ACSR iletkenlerin HTLS iletkenler ile değiştirilmesinin en cazip çözüm olduğu belirtilmiştir. İletim kayıpları dikkate alındığında ise paralel devre eklenmesi daha avantajlı olmaktadır. Ayrıca buna ek olarak, hat güzergâhını genişletmeden paralel devre eklemenin de mümkün olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan, mevcut hattı HTLS iletkenler ile değiştirmenin avantajlı olmadığı belirtilmiştir. Bir diğer önemli nokta ise, bu tip hesaplamalar yapıldığında aşırı yüklenme durumlarının ve her bir opsiyonun maliyet durumlarını incelemenin gerekli olduğu önemi vurgulanmaktadır.

Brian J. Pierre ve G. T. Heydt [22] 345 kV gerilim seviyesindeki 190 mil uzunluğundaki Bridger – West hattı için önce mevcut durumu incelemiş, sonra hattın HTLS iletkeni ile değiştirilme ve en son olarak hat iletkeninin hem HTLS iletkeni ile değiştirilmesi hem de iletkenler arası mesafenin kısalması durumundaki güç taşıma kapasitesini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, HTLS iletkeni kullanımı ile çalışma sıcaklık değerinin ve akım taşıma kapasitesinin arttığı görülmüştür. Ayrıca HTLS iletkeni kullanımı ile iletkenler arası mesafenin azaltılabileceği ve buna bağlı olarak taşınan güçte artış olacağı, güvenlik mesafesinin azalacağı

veya mevcut güvenlik mesafesi içinde kalacak şekilde yeni bir hat çekilebileceği ifade edilmektedir.

Abhilash Netake ve Dr. P. K. Katti [23] yaptıkları çalışmada gerilim düşümü ve güç kaybı temel alınarak, 400 kV ve 765 kV gerilim seviyesindeki iletim hatlarında HTLS iletken kullanımının geleneksel iletkenlere göre değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde aşağıdaki yorumlar yapılabilmektedir.

- İletim hattının güç taşıma kapasitesi, 765 kV sistemine geçildiğinde dört kat artmakta, dolayısıyla aynı gücün aktarılması gereken irtifak hakkı (ROW) mesafesi azalmaktadır.
- Toplam güç kayıpları % 54 kadar azaltılabilir, böylece sistemin verimliliğinin arttırılması sağlanmış olacaktır.
- Bazı HTLS iletkenleri yüksek dirençlidir, ancak 200 $^{0}$C' ye kadar çalıştırılabilirler. Aynı zamanda HTLS iletkeni kullanımıyla gerilim düşümünün daha az olduğu görülmektedir.
- Gerilim düzenlemesi, ele alınan tipik bir 765 kV sistem için % 10-12 olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak, verimlilik ve ROW mesafeleri nedeniyle ekstra yüksek (765 kV gibi) gerilim seviyelerinde iletim tavsiye edilmektedir. HTLS iletkeninin kullanımıyla güç kaybının azalacağı ve buna bağlı olarak CO2 emisyonunun da azalacağı ifade edilmektedir.

Svetlana Beryozkina ve ark. [24] havai iletim hatlarında kullanılan konvansiyonel iletkenler ile HTLS iletkenler için IEEE ve CIGRE tarafından tanımlanan akım taşıma kapasiteleri dikkate alınarak termal incelemeler yapılmış ve sonuçları sunulmuştur. Yapılan analizlerde PLS-CADD yazılımı kullanılarak ACSR HAWK iletken, 3 farklı HTLS iletken (ACCC, ACCR, GTACSR) ile karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda hem IEEE hem de CIGRE hesaplama metotları kullanılarak elde edilen sonuçlara göre yüksek sıcaklıklarda HTLS iletken kullanımı önerilmiştir.

Sterlite Technologies Limited Şirketinin 2012 yılında HTLS iletkenler ile ilgili sunum gerçekleştirilmiştir. Yapılan sunum kapsamında farklı tip HTLS iletkenlerin yapıları ve teknik özellikleri tanıtılmış olup ACCC iletkenler özelinde aşağıdaki sonuçlara yer verilmiştir [25].

- ACCC iletkenler yüksek akım taşıma kapasitesi ve düşük kayıplı hibrit iletkenlerdir.
- Çevresel bozulumlara karşı dayanıklı karbon, cam fiberi ve trapezoidal alüminyumdan meydana gelirler.
- Bu tip iletkenler aynı kesitteki konvansiyonel iletkenlere kıyasla %40 daha düşük hat kaybına sahiptirler.
- Aynı kesitte; %28 daha fazla Al içerirler (yüksek taşıma kapasitesi, azaltılmış kayıp)
- %25 daha güçlü ve %60 daha hafiftirler.

- Daha düşük termal genleşme katsayısına sahiptirler.

Hugall ve ark. [26] Avustralya'nın Queensland eyaletinde yüksek gerilim izolatörleri üzerinde silikon kaplama uygulamasını incelemişlerdir. Mevcut kullanımda olan normal ve sis tipi porselen izolatörlere silikon materyal uygulayıp yedi günlük sürede sertleşmesini beklemiş ve kirletici malzeme ile kirletip bir takım testlere tabi tutmuşlardır. Test sonuçlarına göre silikon materyal kaplamanın kirli ve ıslak koşullar altında izolatör yüzeyinde akan kaçak akımları azaltabileceğini ve bu sayede izolatörlerin etkin kullanım ömürlerinin arttırılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Enerji iletim hatlarında kullanılacak iletkenin iletkenliği iyi olmalıdır. İletkenlik, kullanılan malzemenin cinsine bağlı olarak değişiklik gösterir. Enerjinin taşınmasında ekonomik olarak bakıldığında, enerji iletim hatlarında daha çok bakır ve alüminyum iletkenler kullanılır. İletkenlik, iletkenin direncini etkileyeceğinden, iletim hatlarında kayıpları minimum düzeyde tutmak için iletkenliği iyi olan malzemeler seçilir.

Elektrik Güç Araştırma Enstitüsü [27] (EPRI) ile Kaliforniya Enerji Komisyonun 2008 yılında ortaklaşa yaptıkları çalışmada iletim ve dağıtım hatlarındaki güç iletim kapasitesinin ısıl etkiler ile değişimi gözlemlenmiştir. Proje kapsamında çeşitli HTLS iletkenlerin yaklaşık 3 yıl boyunca gerçekleştirilecek saha uygulamaları ile performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Sonuç olarak HTLS iletkenlerin 100 $^{0}$C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çekme/gerilme mukavemetini kaybetmeden mekanik, elektriksel veya kimyasal olarak bozulma olmadan alüminyum ve çelik özlü alüminyum iletkenlere göre daha uzun süre çalışma imkânı sağladığı belirtilmektedir.

Svetlana Berjozkina ve ark. [28] yaptıkları çalışmada, Letonya güç şebekesindeki ACCC, ACCR, ACSR ve AS (alüminyum çelik iletken) iletkenlerinin araştırması yapılmıştır. Çalışmada Letonya'da seçilen mevcut 6,7 km lik havai hat kısa olduğu için, daha doğru sonuçlar elde edilmesi amacıyla uzunluk 50 km olarak alınmıştır. 110 kV luk devreden 1200 A üzerinde bir akım geçmesi gerekirken çalışmada 850 A seçilmiştir. İletken tipi olarak ACSR 242-AL1 / 39-ST1A dikkate alınmıştır. Sonuç olarak, ACSR ("242AL1 / 39-ST1A") gibi geleneksel iletkenlere kıyasla ACCC ("Casablanca") tercih edildiği takdirde, direk sayısının 6 adet ve izolatör sayısının da 18 adet azalacağı görülmüştür. AS-240/32 ve 242AL1 / 39-ST1A olan geleneksel tip iletkenlerin toplam maliyetinin daha yüksek olacağı çalışmadan görülmektedir.

Türkyurt [29], silikon izolatörler ile ilgili yapılan deneysel çalışma sonuçlarını açıklamıştır. Silikon izolatörler ile cam ve porselen izolatörlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Silikon izolatörlerin, diğer adıyla kompozit izolatörlerin, cam ve porselen izolatörlere karşı

birçok üstünlükleri olmakla beraber pahalı olmaları nedeniyle kullanım alanları azdır. Ancak gelişmiş güvenlik ortamı sağlaması sebebiyle yakın gelecekte daha geniş bir kullanım alanı bulacağı kesindir. Silikon izolatörlerin üstünlüklerini şu şekilde sıralayabiliriz. Darbelere karşı dayanıklıdır, hafif olduğundan tesise ek bir yük getirmez. Gerilme vb. kuvvetlere karşı dayanımı çok yüksektir. Üzerinde yağmur suyu, kar suyu tutunamadığından ark gibi önemli bir elektriksel olumsuzluk olmaz. Çatlama ve kırılma riski çok azdır. Çok soğuk ve çok sıcak havalarda bile özelliğini kaybetmez. Güneşin ultraviyole ışınlarından etkilenmez. Kurulumu kolaydır. Belirtilen birçok üstün özelliğinden dolayı silikon izolatörlerin kullanımının yaygınlaşması ile hat kayıplarında ve arızalarında ciddi düşüş olması beklenmektedir.

Literatür taraması, iletim hattı iyileştirmelerinin önemini bir kez daha ortaya çıkarmıştır. Bu tez çalışmasının temel motivasyonu bu iyileştirmeler üzerine bina edilmiştir. Bu kapsamda, gerçek bir iletim hattının modern iletken yapıları ile değişimi ve işletme koşullarında detaylı analizi yapılmıştır.

Birinci bölümde, ENH'ların iyileştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. İkinci bölümde elektrik dağıtım sistemindeki kayıplar incelenmiştir. Üçüncü bölümde klasik ve modern yapıdaki ENH lar ile ilgili detaylı bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde, uygulama sistemi olan İnegöl TM Alanyurt – Köyler fiderleri detaylandırılmış, Beşinci bölümde uygulama sisteminden elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Altıncı bölümde ise sonuçlar tartışılarak gerekli önerilerde bulunulmuştur.

# 2. ELEKTRİK DAĞITIM TESİSLERİNDE KAYIPLAR

Dağıtım tesislerindeki kayıp kavramı, dağıtım sistemine giren enerji ile sistemdeki tüketicilere tahakkuk ettirilen enerji miktarı arasındaki farkı oluşturan ve maliyeti etkileyen; teknik ve teknik olmayan kayıplar olarak ifade edilebilir. Enerji verimliliğinin en önemli parametrelerinden olan kayıplar ile ilgili çalışmalar güç sistem analizi alanında önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle geçmişten bugüne kayıp analizi çalışmalarına literatürde sıklıkla rastlanmaktadır [30]–[32].

## 2.1 TEKNİK KAYIPLAR

Elektrik dağıtım sistemi içerisinde bulunan iletken, transformatör vb. gibi temel elemanlardan kaynaklanan hattın yüklü-yüksüz olmasına, değişken akım gerilim değerleri nedeni ile şebekede meydana gelen kayıplardır. Teknik kayıplar sistemin yük durumuna göre yüke bağlı ve yükten bağımsız kayıplar olarak ikiye ayrılmaktadır.

### 2.1.1 Yükten Bağımsız Kayıplar

Şebeke gerilim altında olduğu müddetçe sistem yüklü olsun veya olmasın devre elemanlarının şebekeden çektikleri enerjiler kayıp enerji olarak geçmektedir. Bu kayıplar şebeke gerilim altında bulunduğu müddetçe meydana gelir ve bu kayıplarının büyüklüğü şebeke gerilimi ve kullanılan malzemelerin özelliklerine göre değişir. Bu kayıplar;

a) Trafoların boş çalışma kayıpları,
b) İletkenlerin ve kondansatörlerin dielektrik kayıpları,
c) Ölçü aletleri, koruma ve kumanda aletlerinde meydana gelen kayıplar,
d) Korona kayıpları,
e) İzolatörlerin kaçak kayıpları,
f) Kaçak akım kayıpları,

olarak adlandırılır. Büyüklükleri hava koşullarına bağlı olarak değişen korona ve kaçak akım ile izolatörlerin kaçak kayıpları hariç diğer kayıplar şebeke gerilim altında olduğu müddetçe sabittirler. Ancak bunların dışındaki kayıplardan korona kayıpları mevsimsel etkilere ve gerilim seviyesine, izolatör kaçak kayıpları dış etkilerle birlikte izolasyon malzemesinin özelliklerine,

kaçak akım kayıpları ise hatların birbirlerine göre olan konumlarına ve dış etkenlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

### 2.1.2 Yüke Bağlı Kayıplar

Yüke bağlı kayıplar, şebekeye ait yük akımı tarafından oluşturulan ve akımın o andaki değerine göre değişkenlik gösteren kayıplardır. Bu kayıplar akımın karesi ile doğru orantılı olarak artar ve ısı şeklinde ortama yayılırlar. İletkenlerde, kablolarda, trafoların bakır kısımlarında, ölçü kumanda ve kontrol elemanlarının bobinlerinde, Enerji Nakil Hatlarından akan akıma göre enerji ve güç kayıpları ile hatlarda meydana gelen arızalar esnasında oluşan kayıplar yük akımına bağlı kayıplar içerisine girmektedir.

Bu kayıplarda şebekeden çekilen akımın zamana göre değişiklik göstermesi sebebiyle hesaplamalarda zorluk yaşanmaktadır. Bu yüzden bu tip kayıpların hesaplanmasında şebekelerin dengeli işlediği farz edilerek hesap yapılır ya da gönderilen ve alınan enerji arasındaki fark ölçülerek kayıplar çıkartılır.

### 2.1.3 Teknik Olmayan Kayıplar

Dağıtım sistemi içerisinde tüketicilerin bilerek veya bilmeyerek, kaçak ve bilinçsiz enerji kullanmaları sonucu genel olarak ölçülemeyen ve maliyeti tahsil edilemeyen bir kayıp enerjidir. Teknik olmayan kayıplar, toplam kayıptan teknik kayıpların çıkartılması ile bulunur ve bugünkü şartlarda teknik olmayan kayıpların toplam dağıtım kayıpları içerisindeki oranı yaklaşık %5 olarak tahmin edilmektedir. Bunun sebepleri aşağıda belirtildiği gibi kısaca maddeler halinde verilebilir:

- Abonenin, dağıtım tesisine var olan kurallara uygun olarak bağlantısının yapılmayarak aboneliğinin başlatılamaması,
- Abonenin, teknik, idari ve ticari verilerinin kayıt altına alınamaması, abone kayıtlarının tutulmaması veya hatalı tutulması,
- Kalitesi ve doğruluğu yeterli olmayan sayaçların kullanılması,
- Abone mülkiyetindeki sayaçlara etkin ve yeterli denetimin yapılmaması,
- Kaçak bağlantı veya diğer yollarla yapılan kaçak elektrik kullanımının önlenememesi,
- Abonelerin tüketim endekslerinin tespitinin hatalı yapılması,
- Faturalandırma sisteminin, yani tüketilen enerjinin tahakkuka bağlanmasının sağlıklı olarak yapılamaması,
- Bedelsiz tüketimlerin teknik standartlara uygun olarak kontrol altına alınamamasıdır.

## 2.2 TÜRKİYE' DE ELEKTRİK KAYIPLARI

Türkiye'de elektrik sisteminde kayıplar iletim ve dağıtım şebekelerinde birbirinden ayrı olarak değerlendirilebilir. İletim ve dağıtım şebekelerinde kayıplar ekonomik olarak da bir kayba neden olmaktadır.

Enerji sistemlerinde oluşan kayıpların tüm kayıplar arasındaki oranına bir örnek teşkil etmesi bakımından, mevcut bir enerji dağıtım firmasının bir yıl içerisinde meydana gelen kayıplarının şebekedeki durumu Tablo 2-1'de verilmiştir. Tablo 2-1'den görüleceği üzere iletim ve dağıtım kayıplarına %100 denilecek olursa bunun %14,32 si iletim ve %85,68 i dağıtım kayıplarıdır. Başka bir deyişle iletim kayıpları dağıtım kayıplarının %16,7 sidir. Geri kalan büyük oran dağıtım kayıplarıdır.

**Tablo 2-1: Örnek bir dağıtım sistemindeki kayıplar (TEİAŞ,2020)**

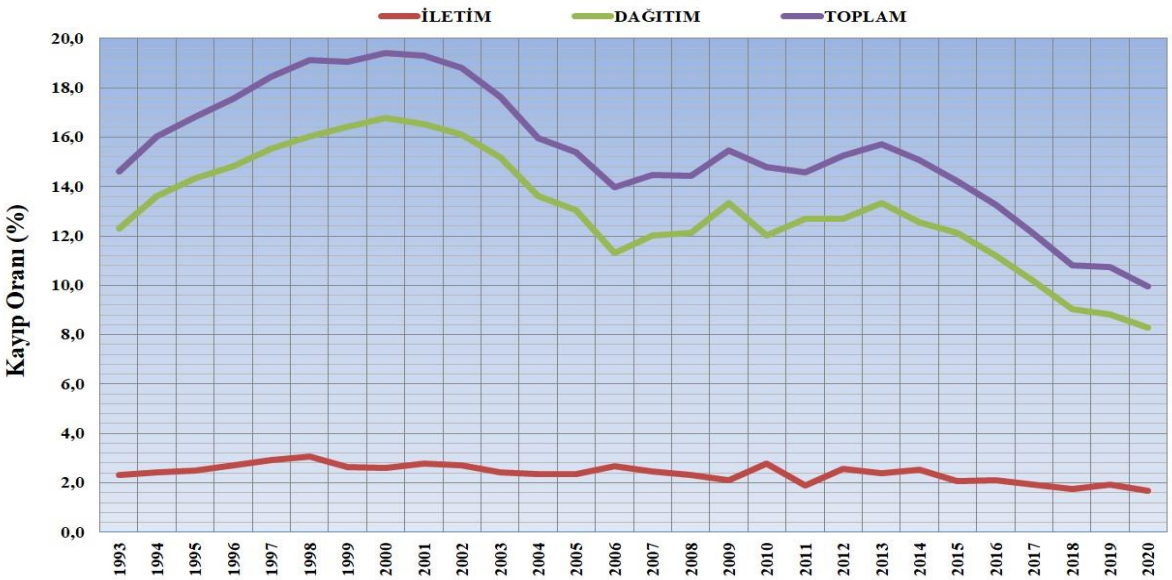
| Kayıpların Türleri | Kayıp Enerji (kWh) | Kayıp Oranı(%) |
|---|---|---|
| İletim Hattındaki Kayıplar | 4.077.761,75 | 9.66 |
| Güç Trafo Kayıpları | 1.966.082,61 | 4.66 |
| Dağıtım Hattındaki Kayıplar | 2.935.771,32 | 6.96 |
| AG Trafo ve Dağıtım Hattındaki Kayıplar | 33.222.060,00 | 78.72 |
| **Toplam** | **42.201.675,68** | **100** |

Enerji iletim hatlarında kayıplar ortalama sabit oranda seyretmektedir. Fakat sistemin dağıtım kısmında ise bu oran değişken olup önemli bir artış göstermektedir.

**Tablo 2-2: Ülkemizde enerji iletim ve dağıtım hatlarındaki kayıpların oransal değişimi (TEİAŞ,2020)**

| İletim ve Dağıtım Hatlarında Kayıp Oranı | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Türkiye Ortalaması** | % 14,21 | %13,27 | %12,08 | %10,8 | %10,74 | %9,97 |

Tablo 2-2' de görüldüğü üzere ülkemizde her geçen yıl gelişen teknolojinin de etkisi ile iletim ve dağıtım sistemi üzerinde yapılan yeni yatırımlar sayesinde hatlarda meydana gelen kayıp oranlarında önemli azalmalar meydana gelmektedir.




**Şekil 2-1: İletim ve Dağıtım Hatlarında Meydana Gelen Kayıpların Yıllara Göre Değişimi**

Şekil 2-1' de Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketinin ülkemizdeki iletim ve dağıtım hatlarında meydana gelen kayıpların 1993 yılı ile 2020 yılları arası değişimi ifade edilmektedir. Buradan anlaşılacağı üzere, dağıtım hatlarındaki kaybın iletim hatlarındaki kayba göre ortalama 5-6 kat daha fazla olduğu görülmektedir.

Dağıtım seviyesinde oluşan bu kayıpların azaltılabilmesi için birçok alternatif çözüm sunulmaktadır.

- Reaktif akımın kompanzasyonu ile kayıp azaltılması.
- Yük akışı ve fider otomasyonu ile kayıp azaltılması.
- Sistemde paralel çalışan transformatörlerin günlük yük değerlerine göre gruplandırılması.
- Sistemdeki dengesiz yüklenmeden dolayı oluşan kayıpların azalımı.
- Gerilim seviyesinin değiştirilmesi ve gerilim optimizasyonu sağlanmasıyla kayıp azaltımı.
- Oluşan arızaların şebekeyi en az etki ile devre dışı bırakılması

Kayıp analizinin yanı sıra direkler, izolatörler ve iletim hatlarına gelen mekanik kuvvetler de iletim ve dağıtım sistemi üzerinde bozucu etkilere yol açmaktadır. Bu nedenle bu bozucu etkilerin azaltılması, elektrik mühendisliğinde önemli bir yer tutmaktadır. Doğa kaynaklı etkilerin azaltılması genel anlamda mümkün değildir. Bu nedenle müdahale alanları oldukça kısıtlıdır. Direk yüklerinin azaltılmasında başvurulabilecek en optimal çözümlerin başında iletken yapılarının değiştirilmesi gelmektedir.

Havai hatlar üzerinde farklı teknolojilere sahip iletkenler kullanılarak yüksek sıcaklıklarda çalışma imkânı sağlanması, akım taşıma kapasitesinin arttırılması, mekanik dayanımın geliştirilmesi ve sehimin azaltılması gibi konular güç sistemlerinin verimliliğinin arttırılmasına katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda, modern iletken yapıları geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Bu tez çalışması kapsamında da yüksek sıcaklıklı düşük sehimli iletkenlerin bir çeşidi olan kompozit özlü alüminyum iletkenlerin yapısı araştırılmış, kullanım şekilleri belirtilmiş ve havai hatlarda gerçek bir uygulama üzerinden elde edilen veriler analiz edilerek iletkenlerin verimliliği incelenmiştir.

# 3. ENERJİ NAKİL HATLARI

## 3.1 ENERJİ NAKİL HATTI ELEMANLARI

### 3.1.1 Direkler

İletkenleri birbirlerinden belirli uzaklıkta havada tutmaya yarayan ve hat boyunca uygun aralık ve yükseklikte yerleştirilen şebeke donanımına direk denir. İmal edildikleri malzemeye göre ağaç, beton ve demir olmak üzere çeşitleri bulunmaktadır. Ağaç ve beton direkler Alçak Gerilim (AG) ve Yüksek Gerilim (YG) Hatlarında, demir direkler ise tüm gerilim seviyelerinde kullanılmaktadır. Özellikle Çok Yüksek Gerilim (ÇYG) direklerinde sadece demir direkler kullanılır. YG ve ÇYG direkleri cıvatalı olarak sahada montajı yapılır, diğer direkler ise kaynaklı olarak üretimi yapılarak tesise hazır hale getirilirler. Ayrıca müşterek direk, transformatör direği ve galvaniz aydınlatma direkleri gibi farklı amaçlara yönelik çeşitli tip ve boylarda direkler de bulunmaktadır.



**Şekil 3-1: YG ve ÇYG Direk Çeşitleri**

Şekil 3-1’ de Yüksek Gerilim ve Çok Yüksek Gerilim Seviyelerinde bulunan direk çeşitlerine ait görseller sunulmuştur.

Enerji iletim ve dağıtım hatlarının en önemli yapıtaşı olan direklerin üretiminde uygun modelleme ve ergonomik yapı kullanılması sistemdeki kayıpların azaltılması ve verimliliğin arttırılması açısından önem arz etmektedir. Direk tipleri ve işlevleri ile ilgili detaylı bilgi ve yük çeşitlerinin anlaşılabilmesi, tasarımın güvenirliliği ve performansının tahmini için gereklidir. Bu sebeple üretimde en az malzeme yapısı kadar direk üzerine etki eden kuvvetlerde optimum tasarım için vazgeçilmezdir [33], [34]. Direklerin hesabında genel olarak düşey ve yatay kuvvetler etkili olmaktadır. Bu kuvvetlerin doğru tespit edilerek, doğru noktalara uygulanması

direklerin güvenliği ve sistemin sürdürülebilirliği açısından oldukça mühimdir. Direklere etkiyen düşey kuvvetler aşağıda belirtilmiştir.

- Direğin kendi ağırlığı
- Konsol(travers), izolatör ve donanımlarının ağırlığı
- İletken ağırlığı
- Direk üzerinde çalışacak kimsenin(Montör) ağırlığı

Yatay kuvvetler ise; iletkenlerle nötr ve koruma tellerinin çekme(germe) kuvvetleri ve bunlarla birlikte direğe etki eden rüzgar kuvvetidir.

### 3.1.2 İzolatörler

Enerji Nakil Hattı iletkenini taşıyan ve aynı zamanda direğin demir veya beton aksamı ile diğer iletkenler arasında belirli bir emniyet mesafesinde olmasını sağlayan; porselen, cam veya kompozit malzemelerden imal edilen elemanlardır. Kullanım yerlerine göre ise; mesnet, taşıyıcı, gergi, durdurucu, zincir, v.b. şekilde adlandırılırlar.



**Şekil 3-2: Porselen, Cam ve Kompozit(Silikon) İzolatör Çeşitleri**

İzolatörler yapıldıkları malzemeye göre Şekil 3-2' de belirtildiği gibi porselen, cam ve kompozit olmak üzere imal edilirler. Porselen izolatörler gerek mekanik dayanıklılık gerekse de ısıl dayanıma karşı performansından dolayı geçmişten günümüze sıklıkla kullanılan izolatörlerdir. İzolatör seçiminde hattın karakteristiği kadar bulunduğu coğrafi konum ve işletme gerilim seviyesi de önem arz etmektedir.

İzolatörler kullanım amacına göre iki çeşitte sınıflandırılmaktadır. Dahili tip izolatörler genellikle trafo binası gibi kapalı alanlarda kullanılmakla beraber harici tip izolatörler de enerji nakil hatları ve şalt sahaları gibi dış ortamlarda kullanılmaktadır. Gerilim seviyelerine göre ise izolatör alçak gerilim (AG) ve yüksek gerilim (YG) olmak üzere iki çeşittir. Alçak gerilim

izolatörlerinin anma gerilimleri 1 kV ‘a kadar olup, yüksek gerilim izolatörleri 1 kV ‘tan büyük olan izolatörlerdir [35].

### 3.1.3 İletkenler

#### *3.1.3.1 Çelik Özlü Alüminyum İletkenler (ACSR)*

Bu iletken örgülü ya da tek tel çelik öz üzerine alüminyum tel sarılarak oluşur. Çeliğin vazifesi mukavemeti sağlamaktır. Hat ise binen yükü taşır. Yüksek gerilim havai hatları için tercih edilir. İletken içerisindeki ağırlıkça ve hacimce %40-%60 oranlarında değişen çelik öz, üzerine sarılı alüminyum teller ile yüksek gerilme ve çekme özelliklerine uygundur. ACSR iletkenler genelde direk mesafeleri uzun enerji nakil hatlarında ve nehir geçişlerinde kullanılmaktadır. Daha yüksek korona limiti olan kalın kesitli çelik özlü iletkenler, yüksek ve orta gerilim iletim hatlarında büyük avantaj sağlamaktadır [36].

#### *3.1.3.2 Yüksek Sıcaklıkta Düşük Sehimli İletkenler (HTLS)*

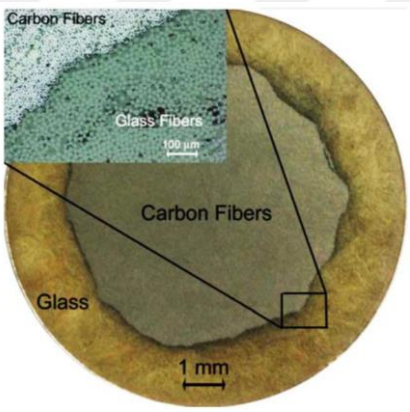
Havai hatlar üzerinde farklı teknolojilere sahip iletkenler kullanılarak yüksek sıcaklıklarda çalışma imkânı sağlanması, akım taşıma kapasitesinin arttırılması, mekanik dayanımın geliştirilmesi ve sehimin azaltılması gibi konular güç sistemlerinin verimliliğinin arttırılmasına katkı sağlamaktadır. Yüksek sıcaklıklı düşük sehimli (High Temperature Low Sag - HTLS) iletken teknolojilerindeki gelişmeler etkin enerji sistemlerinin dizaynına olanak sağlamıştır. Temel olarak yüksek yüzey sıcaklığında yüksek akım taşıma kapasitesine sahip HTLS iletkenler sahip oldukları düşük sehim değeri ile güvenilirliği de arttırmaktadır. Bunun yanında, yüksek maliyetlerine karşın kayıpların azaltımı, farklı direk tiplerinin kullanımına uygun olmaları vb. parametreler dikkate alındığında uygun ekonomik çözümler üretilebilmektedir.

2000’li yılların başından itibaren ticari olarak kullanılmakta olan HTLS iletkenler farklı teknolojiler ile üretilebilmektedir. Günümüzde iletim hatları üzerinde kullanılan başlıca HTLS iletken türleri aşağıda sıralanmıştır;

- G(Z)TACSR (Gap Type Conductor) İletkenler
- ACSS (Aluminum Conductor Steel Supported) İletkenler
- (Z)TACIR (Conductor Invar steel Reinforced) İletkenler
- ACCR (Aluminum Conductor Composite Reinforced) İletkenler
- ACCC (Aluminium Conductor Composite Core) İletkenler

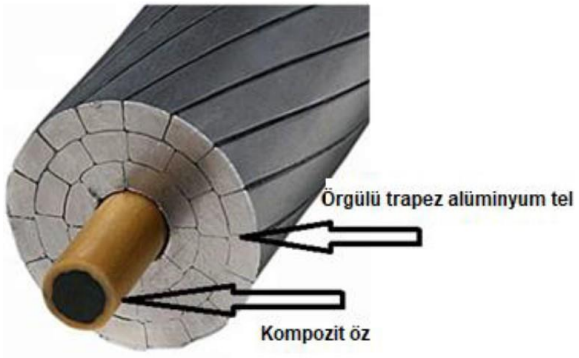
### *3.1.3.3 Kompozit Özlü Alüminyum İletkenler (ACCC)*

ACCC iletkeni karbon ve cam fiber bileşiğinden oluşan bir kompozit öze (çekirdek yapısı) sahiptir. Yük taşıyıcı (load-bearing) ve germe elemanı olarak görev yapan bu bütünleşik yapı, bir tür yüksek-sıcaklıklı epoksi reçine ile kaplıdır. Bu epoksi reçine kalıp, birbirinden bağımsız yüzbinlerce fiberi bir arada sıkıca tutmaya yarar. Şekil 3-3' de görüldüğü üzere kompozit öz merkezindeki karbon fiber çekirdek, kablonun esneklik ve dayanıklılığını arttırmak için yüksek dereceli, bor içermeyen cam fiberler ile çevrilidir. Bu cam çeper yapı, merkezdeki karbon fiberler ile alüminyum teller arasındaki galvanik korozyonu önler [37]. Kompozit çekirdek, ağırlığına oranla mükemmel bir dayanma gücü sergilemektedir ve yüksek elektrik yüküne bağlı olarak yüksek sıcaklık altında sehimlenmeyi (sarkmayı) düşürücü bir etki oluşturmaktadır.




**Şekil 3-3: Kompozit Öz (Çekirdek) Yapısı**

Kompozit öz elektrik akımını taşıyan alüminyum şeritler ile çevrilidir. Herhangi bir iletken çapında en büyük iletkenliğin ve mümkün olan en düşük elektrik direncinin sağlanması için bu iletken şeritler, genellikle tamamen tavlanmış alüminyumdan meydana gelmektedirler ve Şekil 3-4' de belirtildiği gibi kesitleri ikizkenar yamuk (trapezoidal) biçimindedirler.




**Şekil 3-4: Kompozit Özlü (ACCC) İletkenin Yapısı**

ACCC iletkenlerin trapezoidal yapıda olmasından dolayı, ACSR iletkenlere göre iletken katmanları birbirlerine daha fazla temas etmektedir. Bu nedenle, gerilme kuvvetinin arttığı soğuk havalarda iletken üzerindeki titreşim azalmakta ve bağlantı noktalarındaki yük düşmektedir.

ACCC iletkeni 180 ° C'ye (acil durumlarda kısa olarak 200 °C) kadar sürekli çalışma koşulları için tasarlanmıştır ve eşit yük koşullarında benzer çap ve ağırlığa sahip yuvarlak kesitli iletkenlerden oldukça daha soğuk çalışır. Bu daha soğuk çalışma, kompozit öz çapının çelik öze nazaran daha küçük olması ve eşkenar yamuk kesitli alüminyum kullanılması ile alüminyum içeriğinin arttırılmış olmasına ve tip olarak daha yüksek iletkenlik sağlayan 1350-O alüminyumunun kullanılmasına dayanmaktadır. ACCC iletkeni, mevcut iletim ve dağıtım hatlarının kapasitelerini asgari yapısal değişikliklerle artırmak için başlangıçta bir "Yüksek-Sıcaklık, Düşük-Sarkma" (HTLS) iletkeni olarak geliştirilmiş olsa da, arttırılmış iletkenliği ve azaltılmış elektriksel direnci onu, verimliliğin arttırılması ve ön sermaye maliyetlerinin düşürülmesi birincil tasarım hedeflerinden olan yeni iletim ve dağıtım hatlarında hat kayıplarının azaltması için ideal bir çözüm haline getirmektedir.

İletkenin performansı, ömür uzunluğu ve verimliliği için önemli bir dizi elektriksel ve mekanik özellikler söz konusudur. Bu özellikler ilk sermaye maliyetlerini ve toplam işletme maliyetlerini etkiler. Bunlar arasında, taşıma kapasitesi, mukavemet, ağırlık, çap, korozyon direnci, sünme oranı, ısıl genleşme katsayısı, kendiliğinden sönümleme, yorulma direnci, çalışma sıcaklık aralığı, kısa devre kapasitesi ve sıcaklık kararlılığı bulunur [38].

**Tablo 3-1: Kompozit Öz ile Çelik Özün Karşılaştırılması**

| Nitelikler | Çelik Öz | Kompozit Öz | Faydaları |
|---|---|---|---|
| Ağırlık | 7.750 kg/m$^3$ | 1.900 kg/m$^3$ | Daha hafif → daha düşük sehim → daha az/kısa direkler = düşük maliyet ve kısa kurulum süresi |
| Termal Genleşme Katsayısı | 11,5 x 10$^{-6}$ /°C | 1,61 x 10$^{-6}$ /°C | Düşük termal uzama → yüksek çalışma sıcaklığı = daha yüksek akım taşıma kapasitesi |
| Çekme Mukavemeti | 1.517 N/mm$^2$ | 2.482 N/mm$^2$ | Mukavemetli kompozit öz = daha uzun menzillerde ve ağır buz veya rüzgar yükünü sehim limitini aşmadan çalışabilmesi<br><br>Mukavemetli kompozit öz → daha fazla alüminyum kullanımı → daha düşük direnç = düşük kayıp oranları & daha yüksek akım taşıma kapasitesi |
| Elastisite Modülü | 200.000 N/mm$^2$ | 112.300 N/mm$^2$ | Esnek yapı = düşük elastik deformasyon |
| Korozyon Dayanımı | İşlem gerekli (gres yağı) | Üstün | Fiberglas kaplı kompozit öz korozyona dayanıklı olduğu için korozif bölgeler için oldukça uygundur |

**Tablo 3-2: Hawk İletken ile Lisbon İletkene Ait Teknik Özellikler**

| İletken Cinsi | İletkenin Birim Ağırlığı (Kg/Km) | Akım Taşıma Kapasitesi (A) |
|---|---|---|
| Hawk | 973 | 740 |
| Lisbon | 947,6 | 823 |

İletkenlerde kullanılan özler Tablo 3-1' de, Kompozit Özlü Alüminyum iletkenler ile konvansiyonel çelik özlü alüminyum iletkenler ise Tablo 3-2' de karşılaştırılmıştır [39]. ACCC iletkenler kompozit öz sayesinde konvansiyonel ACSR iletkenlere göre ortalama %40 daha mukavemetli, %70 daha hafif, 10 kat daha az termal uzama katsayısına sahiptir.




**Şekil 3-5: ACCC ile ACSR İletkenlerinin Sehim Karşılaştırması**

ACSR iletkenlerde bulunan çelik öz yerine daha sağlam bir kompozit öz kullanımı akım taşıma kapasitesinin yükseltilmesine, aynı çap ve ağırlıkta geleneksel iletkenlere göre daha fazla gücün daha az sehimle ve daha az kayıpla iletilmesine olanak sağlamıştır. Şekil 3-5' de kompozit iletkenin çelik özlü iletkene karşı daha iyi sehim performansı sağladığı gözlemlenmektedir [40].

Gerçekleştirilen çalışmalara göre ACCC iletkenlerinin yaklaşık olarak aynı dış çap(toplam kesit) için ACSR iletkenlere göre üstünlükleri;

- Yüksek akım taşıma kapasitesi
- Yüksek sıcaklıklarda çalışabilme yetisi
- Düşük sehime sahip olma
- Isıl genleşme katsayısının düşük olması
- Daha düşük ağırlık

- Yüksek gerilme dayanımı

  Belirtilen avantajlara karşılık ACCC iletkenlerin genel olarak;
- İletken maliyetlerinin yüksek oluşu
- İletken tesisinde özel montaj gereksinimlerine ihtiyaç duyulması
- Akım taşıma kapasitesine bağlı oluşacak manyetik alandaki artış gibi dezavantajları öne çıkmaktadır.

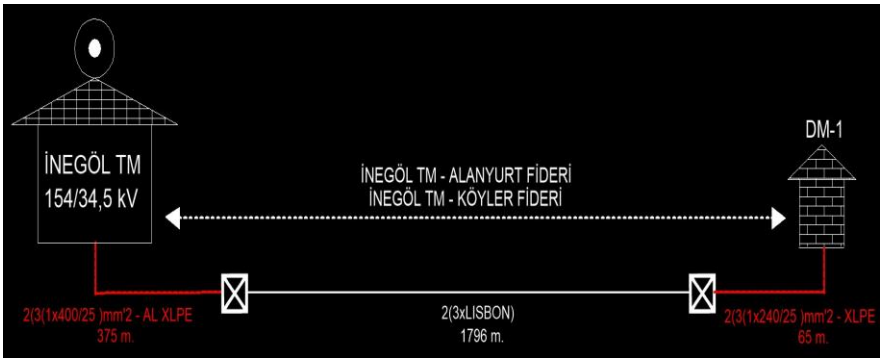
## 3.2 ENERJİ NAKİL HATLARINDA YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

Üretim ve tüketim kapasitesinin sürekli artışı ve buna karşılık iletim kapasitesinin yetersiz kalışı, özellikle hat kayıplarının azaltılması ve artan akım seviyesine bağlı olarak yüksek sıcaklıkta iletkenlerin/yardımcı donanımın çalıştırılabilmesi vb. konuların çözülebilmesi açısından enerji iletim/dağıtım hatlarının yeniden düzenlenmesi için dünyada ve ülkemizde farklı çalışmalar yürütülmektedir [41]–[43].

Günümüzde yüksek taşıma kapasitesi ihtiyacı duyulan birçok iletim hattı üzerinde ACSR iletkenlerin yerine HTLS iletkenlerin kullanıma yönelik çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Buna karşın, HTLS iletkenlerin performanslarının mutlak suretle test edilmesi gerekliliği bulunmaktadır. HTLS iletken kullanımı sırasında gerçekleştirilen testler, laboratuvar testleri ve saha testleri olmak üzere iki safhada ele alınmaktadır [44]. Saha testlerinde ısıl dayanım, sehim değerinin tespit edilmesi, gerilme dayanımının ortaya konulması, akım taşıma kapasitesi vb. çalışmalar gerçekleştirilirken, laboratuvar ortamında da genellikle iletken yapısı ve dayanımı test edilebilmektedir.

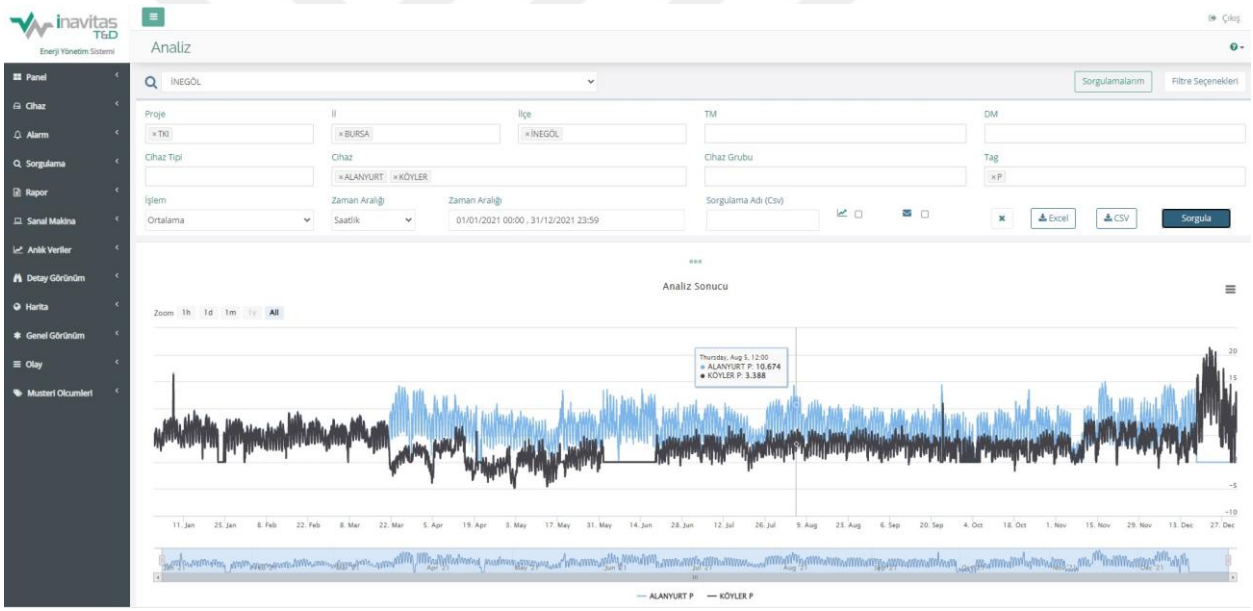
Havai hatlarda kullanılan iletkenlerin taşıması gereken özellikler ve bunlarla ilgili hesaplamalar ulusal ve uluslararası standartlar ile tanımlanmaktadır. Söz konusu standartlar içerisinde HTLS iletkenlerin de tanımlanması artan kullanım alanlarından dolayı bir zorunluluk halini almıştır. Ancak, halen mevcut standartlar üzerinde HTLS iletkenlere ait gerçekleştirilecek hesaplamalara ilişkin eksiklikler bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında, Bursa il sınırları içerisinde bulunan ve Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş. İnegöl İşletme Müdürlüğü sorumluluk alanındaki İnegöl TM' den beslenen Alanyurt ve Köyler Fiderlerinde kompozit özlü alüminyum iletken uygulaması yapılmıştır [45]. İnegöl TM ye ait tek hat şeması Şekil 3.6' da verilmiştir.




**Şekil 3-6: İnegöl TM Alanyurt-Köyler Fiderleri Tek Hat Şeması**

İnegöl TM' ye ait Alanyurt ve Köyler Fiderleri üzerinde bulunan çıkış röleleri ve analizörler anlık elektriksel parametreleri kaydetmektedir. Bu kayıtlı bilgilere INAVITAS programı sayesinde online olarak erişim sağlanabilmekte; röle üzerindeki anlık ve geçmiş tüm veriler için raporlama ve analiz yapılabilmektedir.

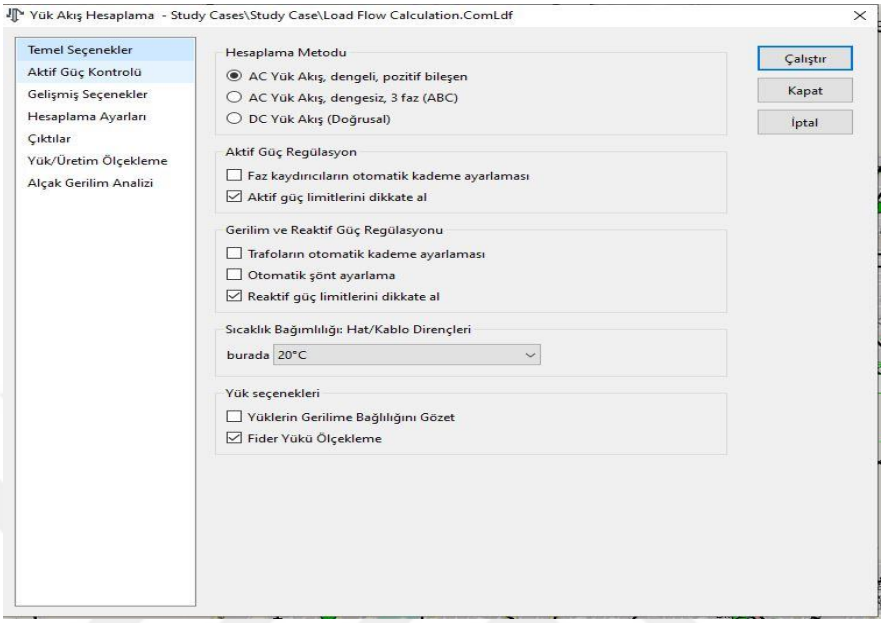



**Şekil 3-7: INAVITAS Program Arayüzü**

Şekil 3-7' de görüldüğü üzere fiderlere ait veriler önceden belirlenen zaman aralıklarına göre dakikalık, saatlik veya günlük olarak program üzerinden temin edilebilmektedir. Ayrıca istenilen çıkış fiderlerine ait anlık değerler de grafiksel olarak program üzerinden görülebilmektedir.

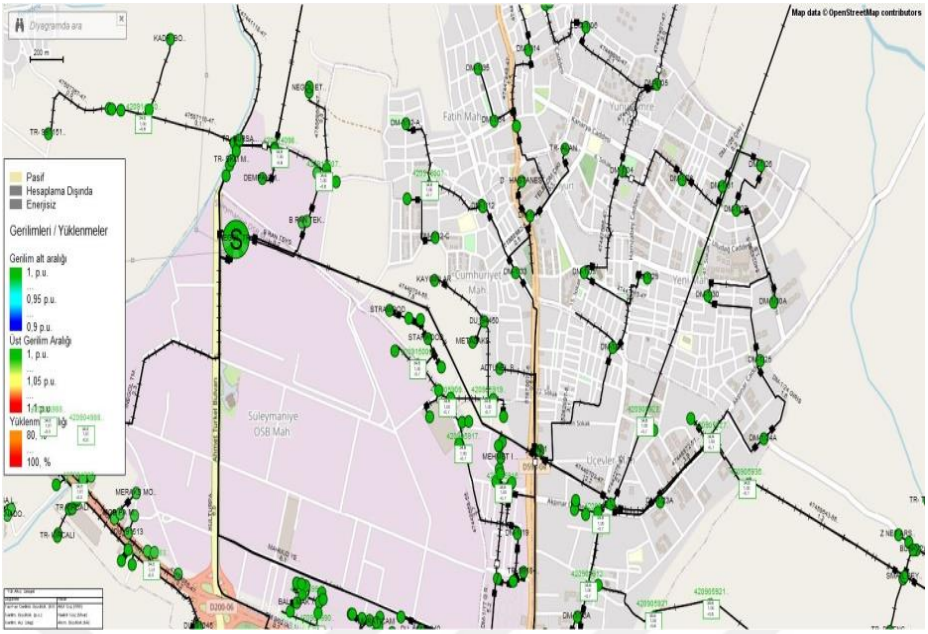
Elektrik Şebekelerinin analizleri için günümüzde birçok geliştirilmiş benzetim yazılımları kullanılmaktadır. Bu programlar üzerinden elde edilen yük akışı analizleri sayesinde şebekeleri detaylı incelemek ve teknik kayıpların seviyesini belirlemek oldukça mümkündür.

INAVITAS programı üzerinden elde edilen gerçek zamanlı veriler kullanılarak DIgSILENT Power Factory programında benzetim modeli oluşturularak fiderlere ait iki farklı iletken cinsine göre de ayrı ayrı analiz yapılmıştır.




**Şekil 3-8: DIgSILENT PowerFactory Programı Yük Akışı Analizi Hesaplaması**

Elektrik sistemlerinin kararlı halde çalışması hedeflenmektedir. Fakat elektrik şebekesi dinamik bir yapıya sahip olması sebebiyle yıl içinde sisteme çeşitli üretim tesisleri, tüketim tesisleri ve yeni ekipmanlar dahil olmaktadır. Bunların şebekede ne gibi değişiklere yol açacağının önceden değerlendirilebilmesi için yük akışı analizine ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 3-8' de DIgSILENT PowerFactory programı içerisinde yük akış analizi hesaplaması görülmektedir.



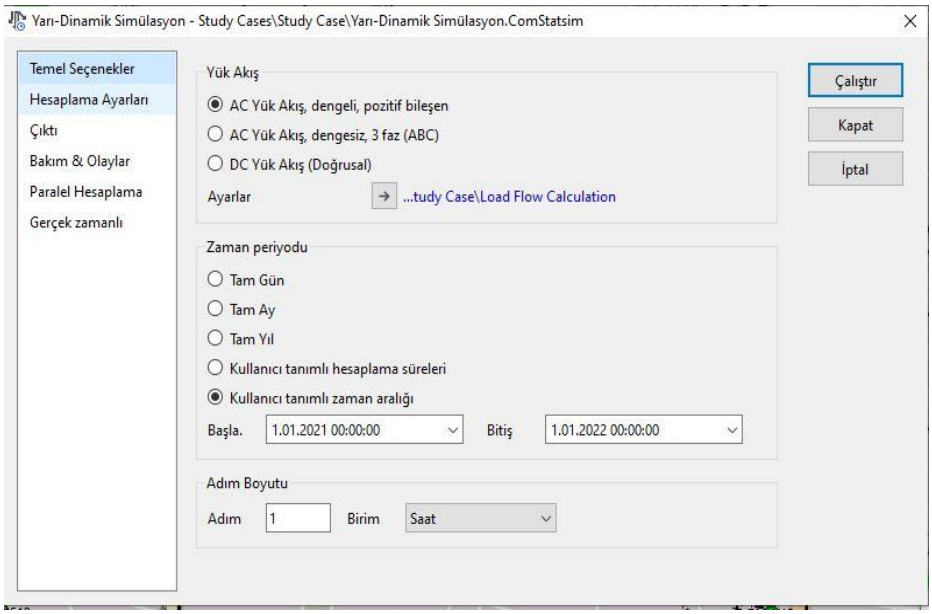

**Şekil 3-9: DIgSILENT PowerFactory Programı CBS Modellemesi**

Şekil 3-9' da görüldüğü üzere Coğrafi Bilgi Sistemi(CBS) kullanılarak modellemesi istenilen şebekeye ait tüm elektriksel parametreler sisteme yüklenebilmekte ve gerçek zamanlı veri altlığı oluşturulabilmektedir.

| | Ad | Klasörde | Şebeke | YG-Tarafı StaCubic | YG-Tarafı Bara | AG-Tarafı StaCubic | AG-Tarafı Bara | u, Büyüklük YG-Tarafı in p.u. | u, Büyüklük AG-Tarafı in p.u. | Yüklenme % | Kademe 1, Mevcut Pozisyon | Kademe 1, Min. Pozisyon | Kademe 1, Maks. Pozisyon |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ✓ | 117739 | DM-4/23 | INEGOL | | 1334453_1 | DM-4/23 | 117739_LV | 1,0082372604 | 1,0082182869 | 0,1492 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 117899 | DM-2/07 | INEGOL | | 1337446_2 | DM-2/07 | 117899_LV | 1,0086175761 | 1,008602453 | 0,1205 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 117900 | DM-2/06 | INEGOL | | 1337508_3 | DM-2/06 | 117900_LV | 1,0086176075 | 1,0086024845 | 0,1205 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 117901 | DM-2/05 | INEGOL | | 1337512_3 | DM-2/05 | 117901_LV | 1,0086176775 | 1,0086008348 | 0,0993 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 117902 | DM-2/04 | INEGOL | | 1337516_1 | DM-2/04 | 117902_LV | 1,0086211281 | 1,0086059805 | 0,1205 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 117903 | DM-2/03 | INEGOL | | 1337519_1 | DM-2/03 | 117903_LV | 1,0086207077 | 1,0086053393 | 0,1205 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 117904 | DM-2/02 | INEGOL | | 1337939_1 | DM-2/02 | 117904_LV | 1,0086187789 | 1,0086035332 | 0,1205 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 117905 | DM-1/18 | INEGOL | | 1337942_1 | DM-1/18 | 117905_LV | 1,0018178052 | 0,999985527 | 9,4005 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 118219 | KARALAR DM | INEGOL | | 1335912_1 | KARALAR DM | 118219_LV | 1,0033371297 | 1,0033194457 | 0,1341 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 118221 | DM-5/06 | INEGOL | | 1335922_1 | DM-5/06 | 118221_LV | 1,0035063066 | 1,0034895493 | 0,0988 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 118222 | GÖL PL K DM | INEGOL | | 1334815_1 | GÖL PL K DM | 118222_LV | 1,0033659063 | 1,0033465564 | 0,1484 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 118264 | DM-5/12 | INEGOL | | 1335781_1 | DM-5/12 | 118264_LV | 1,0035666674 | 1,0035523096 | 0,1041 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 118265 | DM-5/13 | INEGOL | | 1335785_1 | DM-5/13 | 118265_LV | 1,0035587621 | 1,0035418944 | 0,0988 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 118266 | DM-4/15 | INEGOL | | 1335789_1 | DM-4/15 | 118266_LV | 1,0088729429 | 1,0088600543 | 0,0993 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 118267 | DM-4/16 | INEGOL | | 1335793_1 | DM-4/16 | 118267_LV | 1,0088674877 | 1,0088607849 | 0,0984 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 118268 | DM-5/35 | INEGOL | | 1334979_1 | DM-5/35 | 118268_LV | 1,0091082124 | 1,009094082 | 0,1206 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 118269 | DM-5/14 | INEGOL | | 1335039_1 | DM-5/14 | 118269_LV | 1,0090770829 | 1,0090615115 | 0,0993 | 0, | -3 | 3 |
| ✓ | 118310 | DM-5/26 | INEGOL | | 1335609_1 | DM-5/26 | 118310_LV | 1,0090746837 | 1,0090589579 | 0,0993 | 0, | -3 | 3 |

**Şekil 3-10: CBS Verilerinin Program İçerisine Aktarımı**

Şekil 3-10' da CBS' de yer alan tüm şebeke değerlerinin analiz yapılabilmesi için program içerisine aktarımı gösterilmiştir.




**Şekil 3-11: Yarı Dinamik Simülasyon Gösterimi**

Yarı dinamik analiz çoklu yük akışı demektir. Yıl içerisinde şebekenin ne kadar yüklendiği, ne kadar üretim, tüketim yapıldığı, maks min. gerilim yükselmelerinin, gerilim düşümlerinin vb. ne kadar olduğu ile alakalı yapılan analizdir. Şekil 3-11' de yarı dinamik analize ait ara yüz gösterilmektedir.

# 4. KOMPOZİT ÖZLÜ ALÜMİNYUM İLETKENLİ ENH ANALİZLERİ

Bu tez çalışmasında, mevcut durumda hat planlaması yapılmış ve halen kullanımda olan ENH' ların daha verimli kullanılmasının yöntemleri araştırılmıştır. Bu kapsamda Bölüm 3' te detaylandırılan ALANYURT ve KÖYLER fiderlerinin, modern iletken yapılarından biri olan kompozit iletkenler ile değiştirilmesi sonucunda elektriksel parametrelerde ortaya çıkan iyileştirmeler analiz edilmiştir.

Çalışmada kullanılan temel elektriksel parametreler (Akım, Gerilim ve Güç…) İNEGÖL TM' den çıkış alan fiderlerin üzerinde bulunan röleler tarafından sistemden alınan gerçek verilerdir. Bu veriler 2017, 2018, 2019, 2020 ve 2021 yıllarına ait yıl boyunca saatlik değerleri ifade etmektedir. Bu veritabanı yapılan analizlerin hassas olmasını sağlamıştır.

Elde edilen temel elektriksel veriler kullanılarak DIgSILENT yazılımı aracılığı ile Hawk ve Lisbon iletkenlere ait üretici tarafından sağlanan parametreler ile ilgili hatların modelleri tasarlanmıştır.

Burada dikkat edilmesi gereken ve tezin özgünlüğünü arttıran en önemli husus, benzetimin tamamen gerçek veriler kullanılarak yapılmış olmasıdır. Bu durum hat üzerinde meydana gelen ve benzetimlerde çoğunlukla ihmal edilen birçok parametrenin de (meteorolojik, işletme, ekonomik ömür, vb.) hesaplamaya katılmış olduğu anlamına gelmektedir.

Benzetim modelinde uygulanan senaryoda, aynı gerçek hat verileri ile Hawk ve Lisbon iletken mevcudiyetinde farklı büyüklüklerin nasıl değişeceğinin gözlenmesi amaçlanmıştır.

İlgili fiderlerde iletken revizyonu 25.04.2019 – 14.05.2019 tarihleri arasında tamamlanmıştır. Bu nedenle 2017 ve 2018 yılları bütününde hat verileri Hawk iletken için, 2020 ve 2021 yılları bütününde ise Lisbon iletken için alınmıştır.

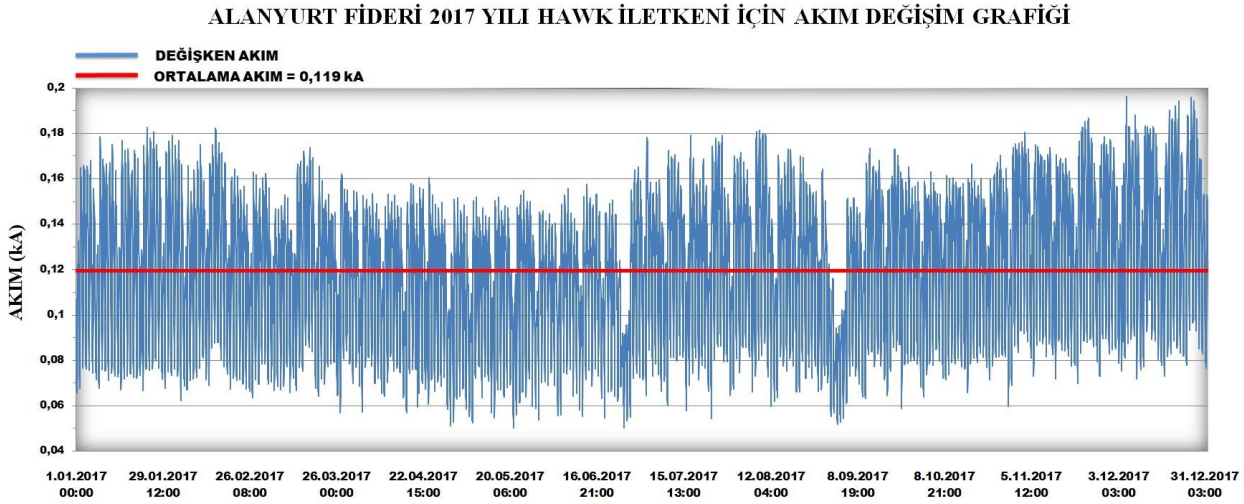
2019 yılı özelinde ise 1 Ocak ile 25 Nisan arası Hawk verileri, 14 Mayıs sonrası için ise Lisbon iletken verileri biçiminde elde edilmiş ve analizde kullanılmıştır. 2019 yılı daha detaylı anlaşılabilmesi amacıyla iki tarih aralığı için ayrı ayrı incelenmiştir.

Uygulama sisteminin avantajlarının net biçimde ortaya konulabilmesi açısından, çalışma yapılan fiderlerin modernizasyon öncesi ve sonrası verileri birlikte sunulmuştur. Bu kapsamda 24.05.2019 – 14.05.2019 tarihleri arasında iletken değişimi tamamlanan fiderlere ait değişim öncesi ve sonrasını kapsayacak şekilde toplam 5 yıla ait veriler INAVITAS programı üzerinden temin edilmiş olup DIgSILENT PowerFactory yazılımı ile analiz edilmiştir.

Analiz amacıyla gözlenen parametreler akım, aktif güç, reaktif güç, gerilim düşümü, hat yüklenmesi ve hat kayıplarıdır. Bu parametreler hem grafikler ile sunulmuş, hem de elde edilen

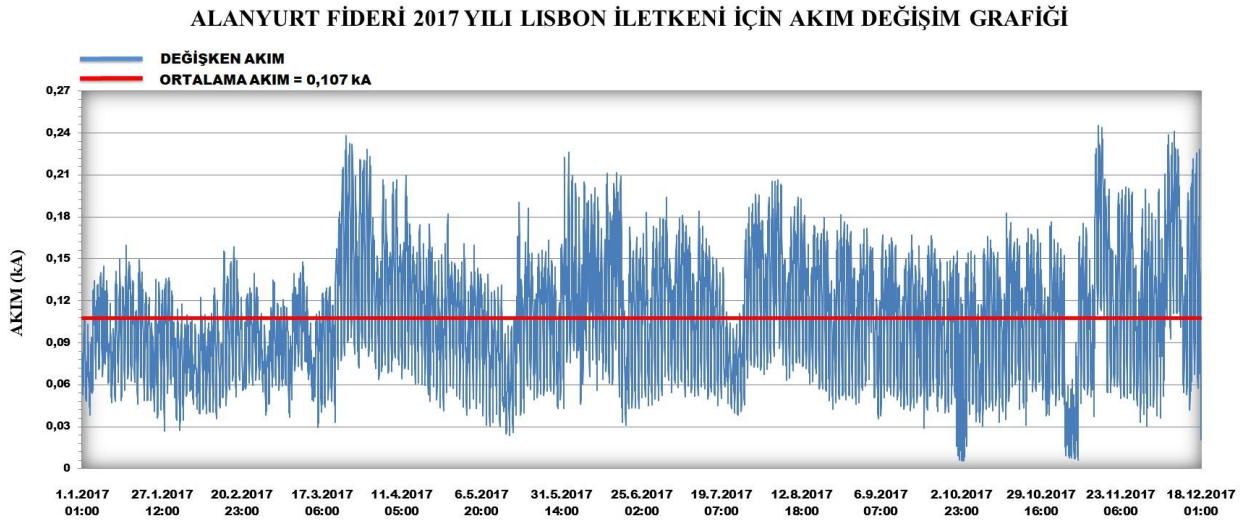
verilerden sayısal değerlerde hesaplanarak ortaya çıkan iyileştirmenin net olarak görülebilmesi amaçlanmıştır.

INAVITAS programı üzerinden Alanyurt ve Köyler Fiderlerine ait gerçek parametre değerleri kullanılarak DIgSILENT programında yarı dinamik analiz yapılmıştır. Analize ait veriler akım değişimi, aktif güç, reaktif güç, gerilim düşümü, hat kayıpları ve hat yüklenmesi grafikler üzerinde detaylandırılmıştır.



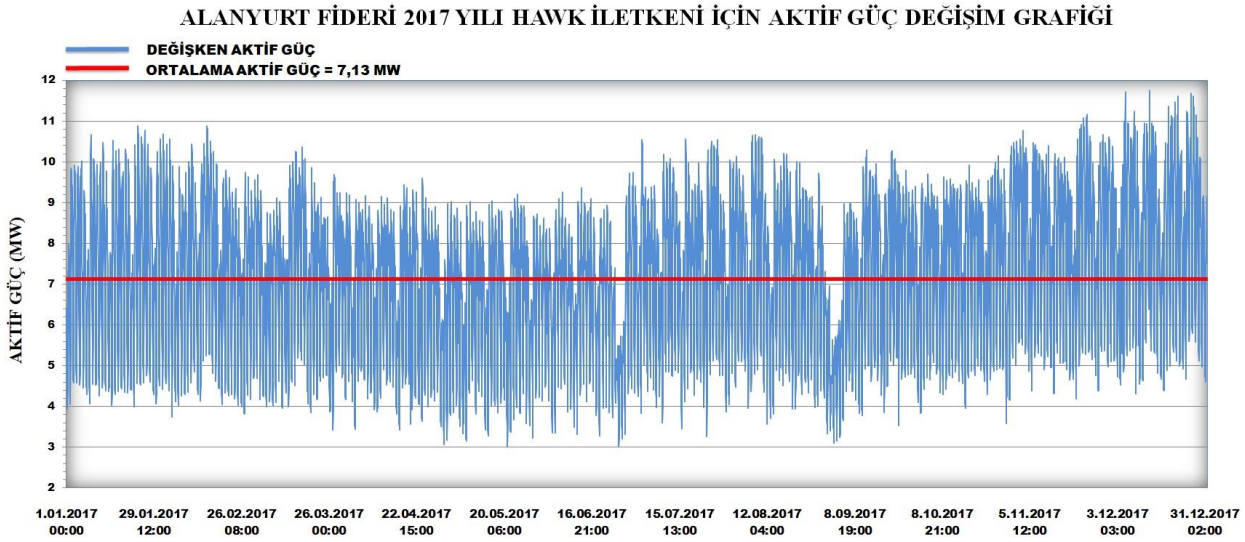

**Şekil 4-1: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Hawk İletkeni için Akım Değişim Grafiği**

Şekil 4-1' de Alanyurt Fideri için 2017 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinden geçen akıma ait değişim grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde, ortalama akım değerinin 0,119 kA olduğu gözlemlenmiştir.



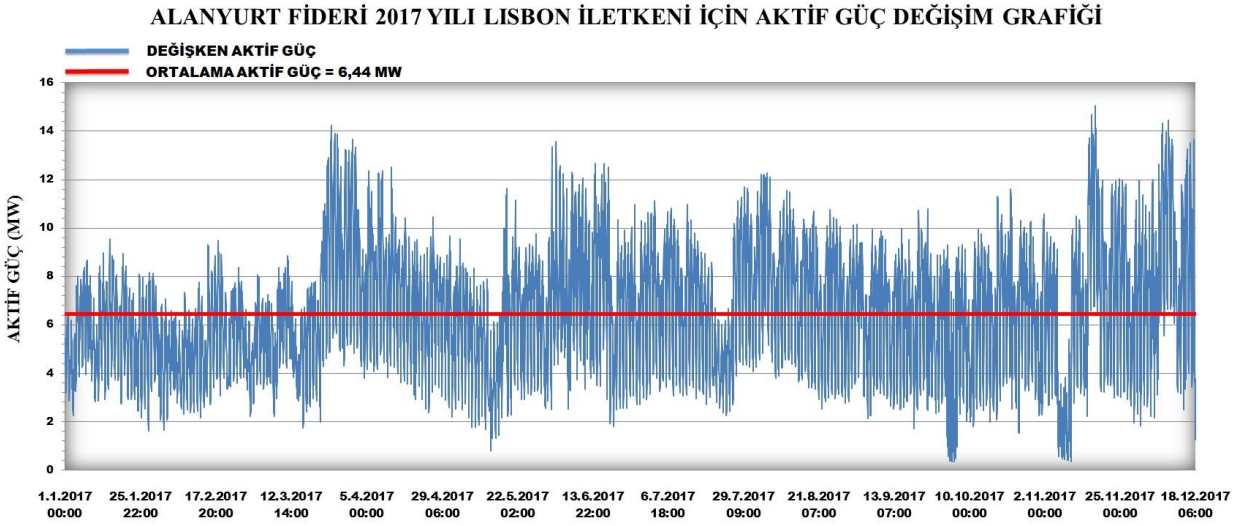

**Şekil 4-2: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Lisbon İletkeni için Akım Değişim Grafiği**

Şekil 4-2'de Alanyurt Fideri için 2017 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinden geçen akıma ait değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,107 kA akım geçtiği tespit edilmiştir.



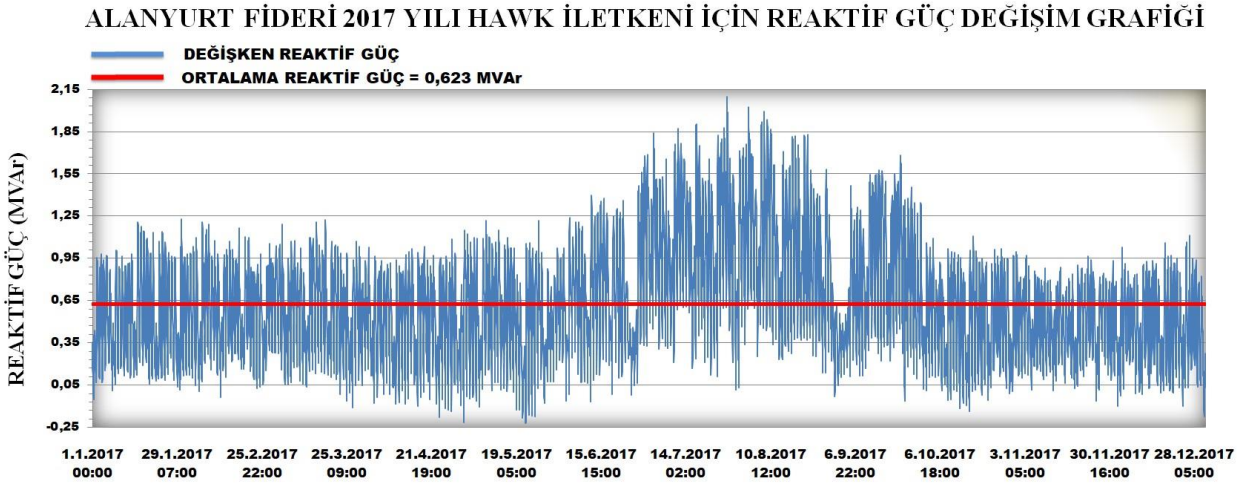

**Şekil 4-3: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Hawk İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-3'de Alanyurt Fideri için 2017 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan aktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Ortalama 7,13 MW güç değeri ölçülmüştür.



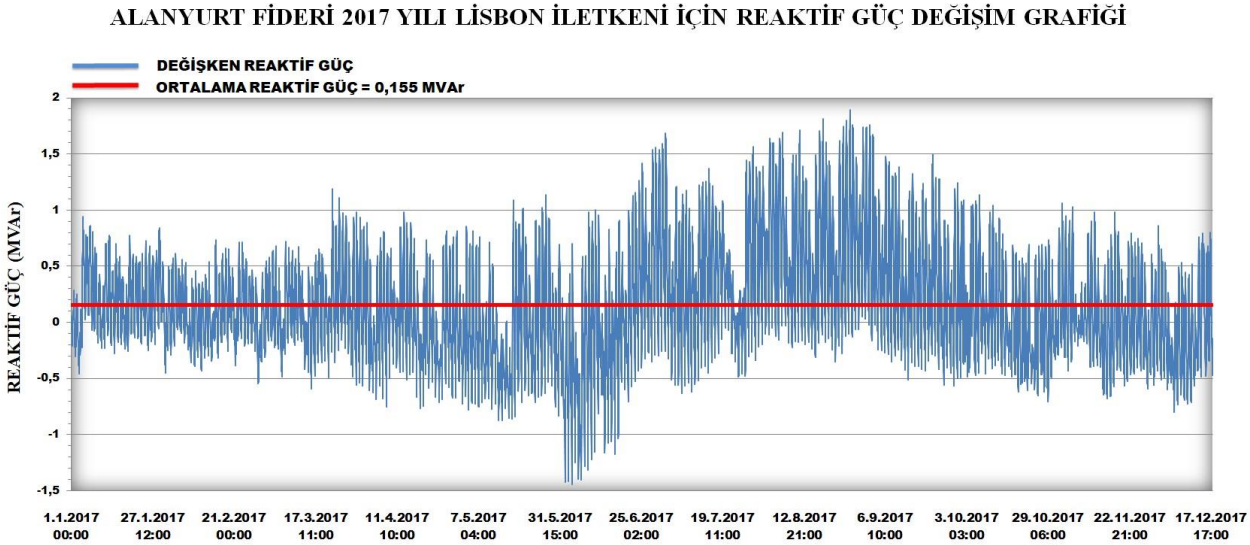

**Şekil 4-4: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Lisbon İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-4’ de Alanyurt Fideri için 2017 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan aktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 6,44 MW güç oluştuğu gözlemlenmiştir.



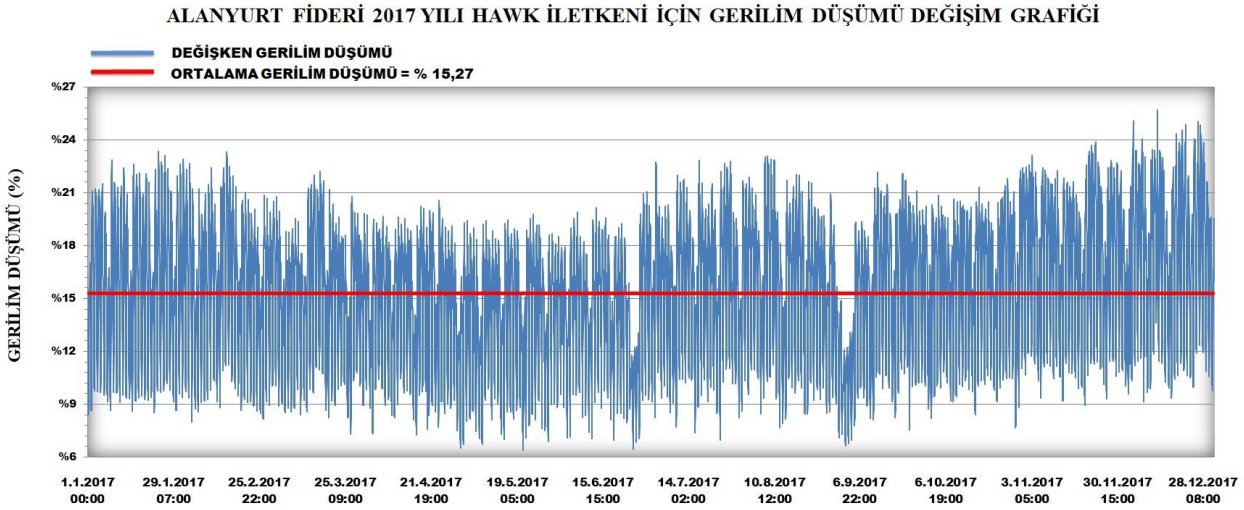

**Şekil 4-5: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Hawk İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-5’ de Alanyurt Fideri için 2017 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan reaktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,623 MVAr reaktif güç değeri ölçülmüştür.



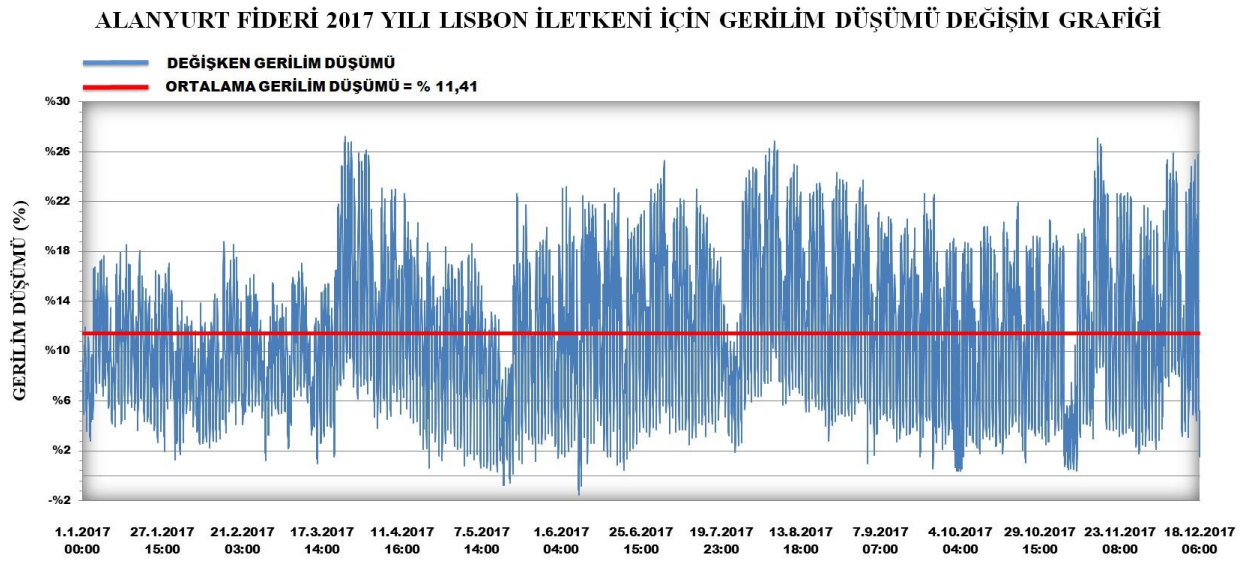

**Şekil 4-6: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Lisbon İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-6’ da Alanyurt Fideri için 2017 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan reaktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,155 MVAr reaktif güç oluştuğu gözlemlenmiştir.



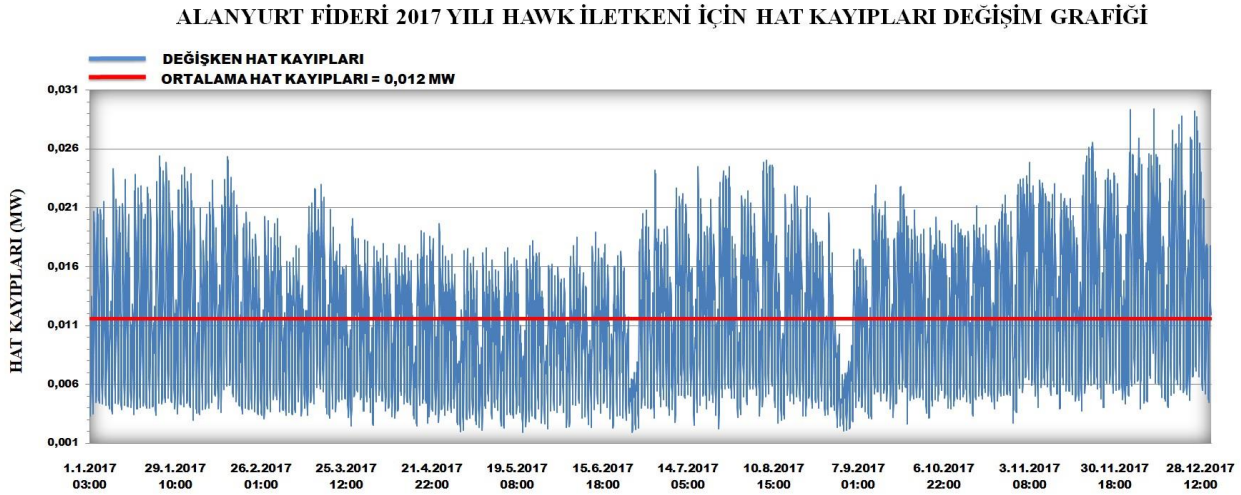

**Şekil 4-7: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Hawk İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği**

Şekil 4-7’ de Alanyurt Fideri için 2017 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan gerilim düşümü değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama gerilim düşümü %15,27 olarak tespit edilmiştir.



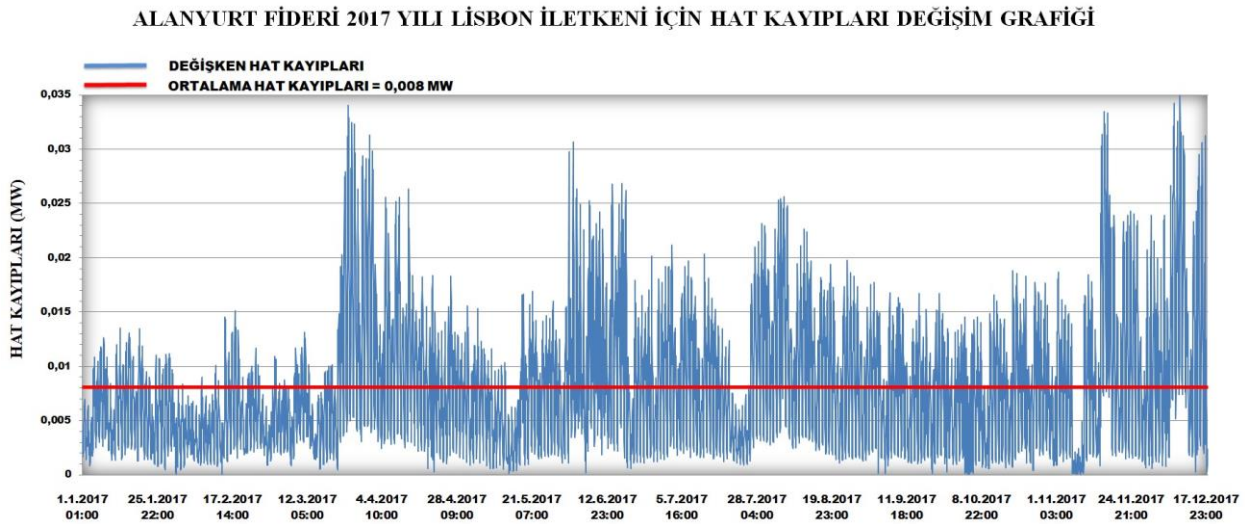

**Şekil 4-8: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Lisbon İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği**

Şekil 4-8’ de Alanyurt Fideri için 2017 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan gerilim düşümü değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama gerilim düşümü %11,41 olarak gözlemlenmiştir.



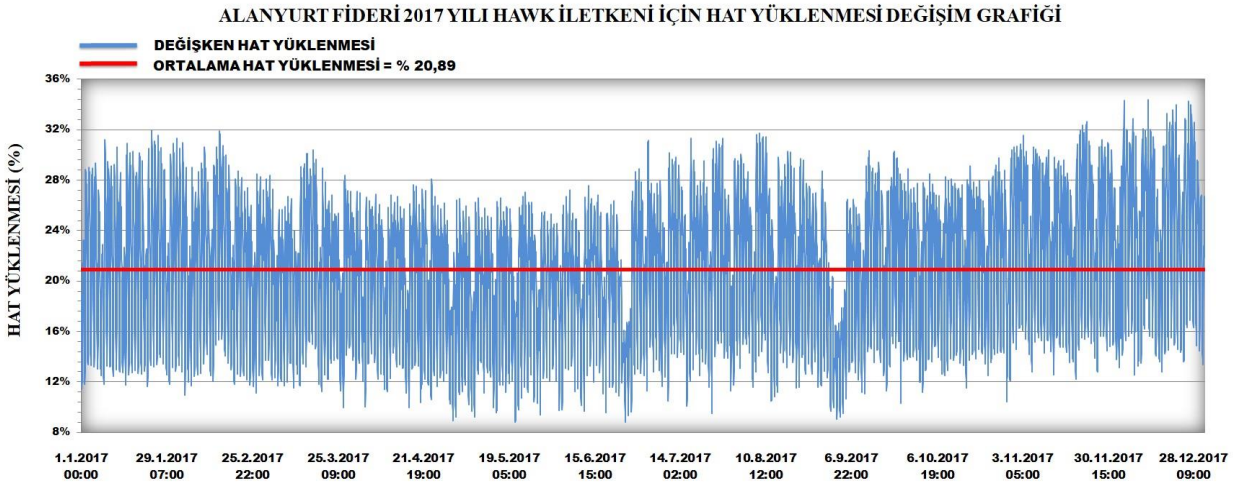

**Şekil 4-9: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Hawk İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği**

Şekil 5-9’ da Alanyurt Fideri için 2017 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan hat kayıpları değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat kaybı 0,012 MW olarak gözlemlenmiştir.



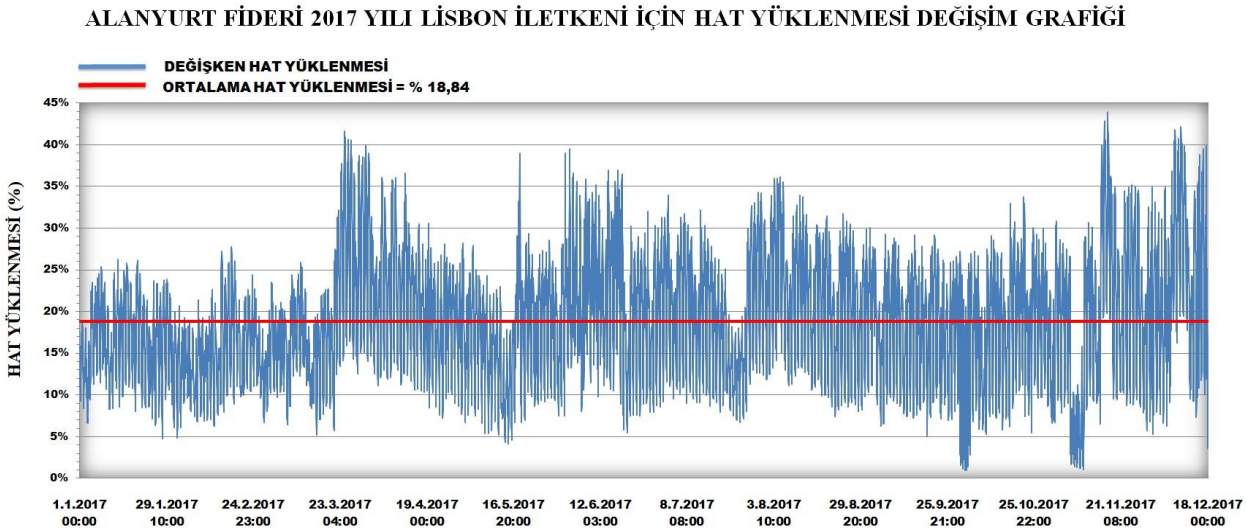

**Şekil 4-10: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Lisbon İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği**

Şekil 4-10’ da Alanyurt Fideri için 2017 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan hat kayıpları değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat kaybı 0,008 MW olarak görülmüştür.




**Şekil 4-11: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Hawk İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği**

Şekil 4-11’ de Alanyurt Fideri için 2017 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan hat yüklenmesi değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat yüklenmesi değerinin %20,89 olduğu gözlenmiştir.



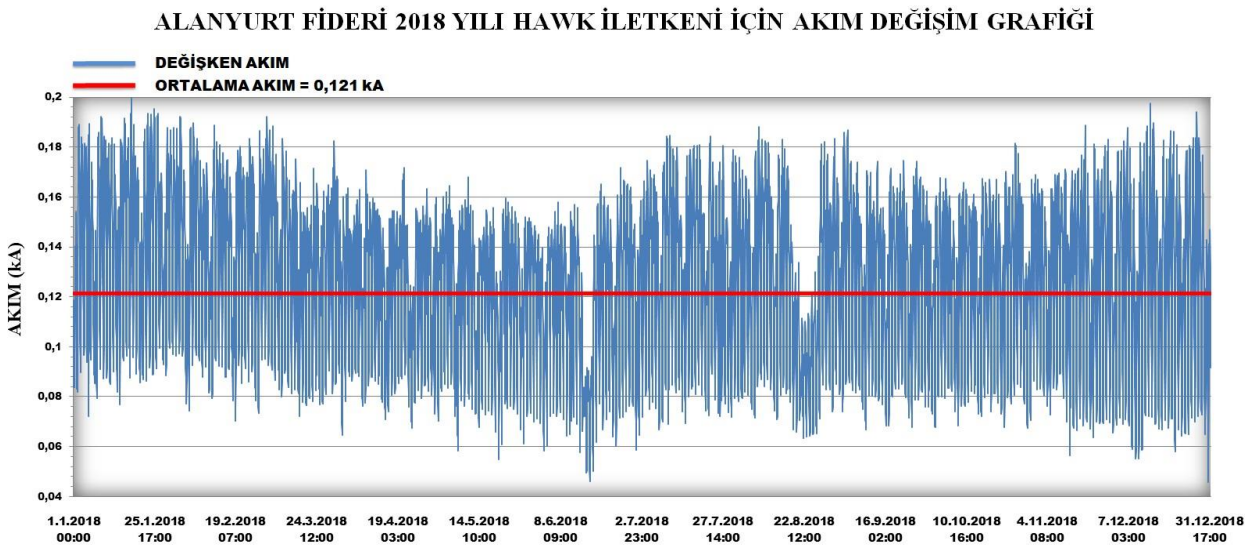

**Şekil 4-12: Alanyurt Fideri 2017 Yılı Lisbon İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği**

Şekil 4-12' de Alanyurt Fideri için 2017 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan hat yüklenmesi değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat yüklenmesi %18,84 olarak gözlemlenmiştir.

2017 yılı için grafiklerden elde edilen değerler, karşılaştırmalı analiz yapılabilmesi açısından Tablo 4-1' de özet halde sunulmuştur.

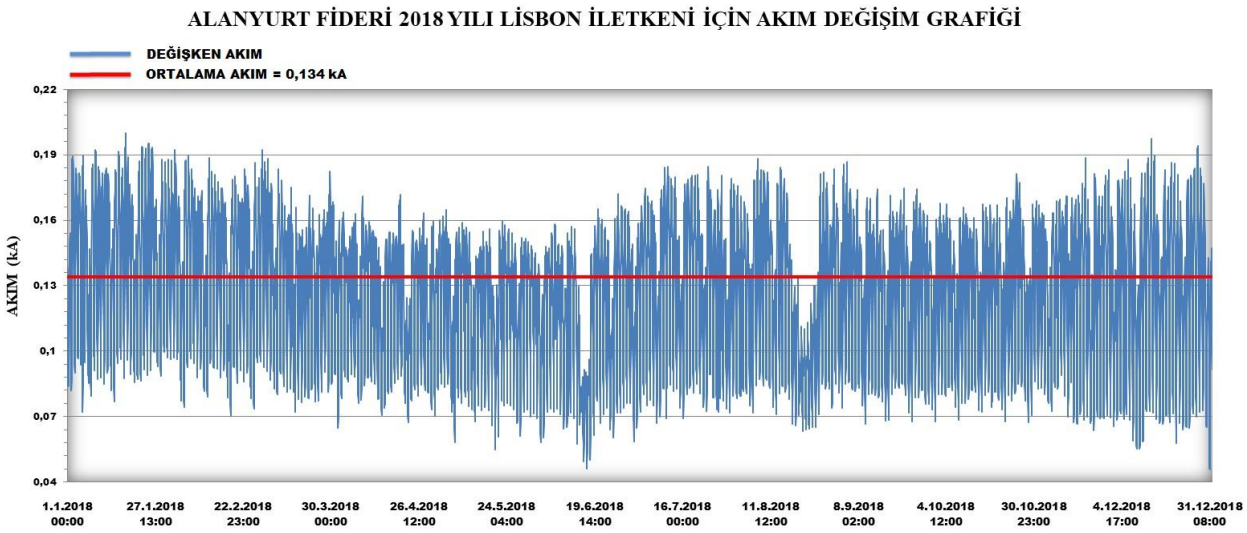
**Tablo 4-1: Alanyurt Fideri 2017 yılı Hat Parametreleri**

| İLETKEN CİNSİ | Hawk | Lisbon |
|---|---|---|
| **Akım (kA)** | 0,119 | 0,107 |
| **Aktif Güç (MW)** | 7,13 | 6,44 |
| **Reaktif Güç (MVAr)** | 0,623 | 0,155 |
| **Gerilim Düşümü (%)** | 15,27 | 11,41 |
| **Hat Kayıpları (MW)** | 0,012 | 0,008 |
| **Hat Yüklenmesi (%)** | 20,89 | 18,84 |



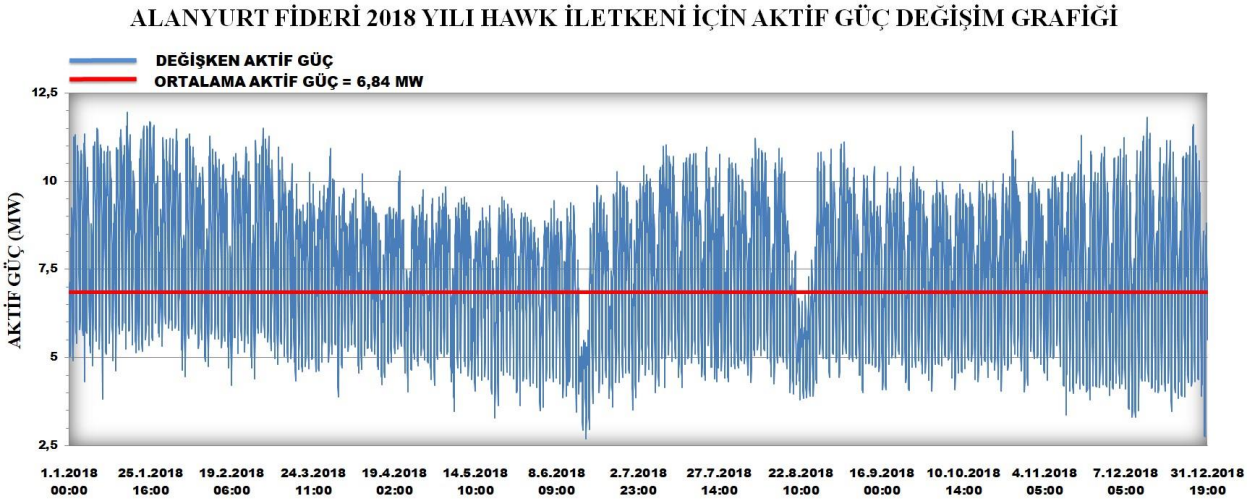

**Şekil 4-13: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Hawk İletkeni için Akım Değişim Grafiği**

Şekil 4-13' de Alanyurt Fideri için 2018 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinden geçen akıma ait değişim grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde, ortalama akım değerinin 0,121 kA olduğu gözlemlenmiştir.



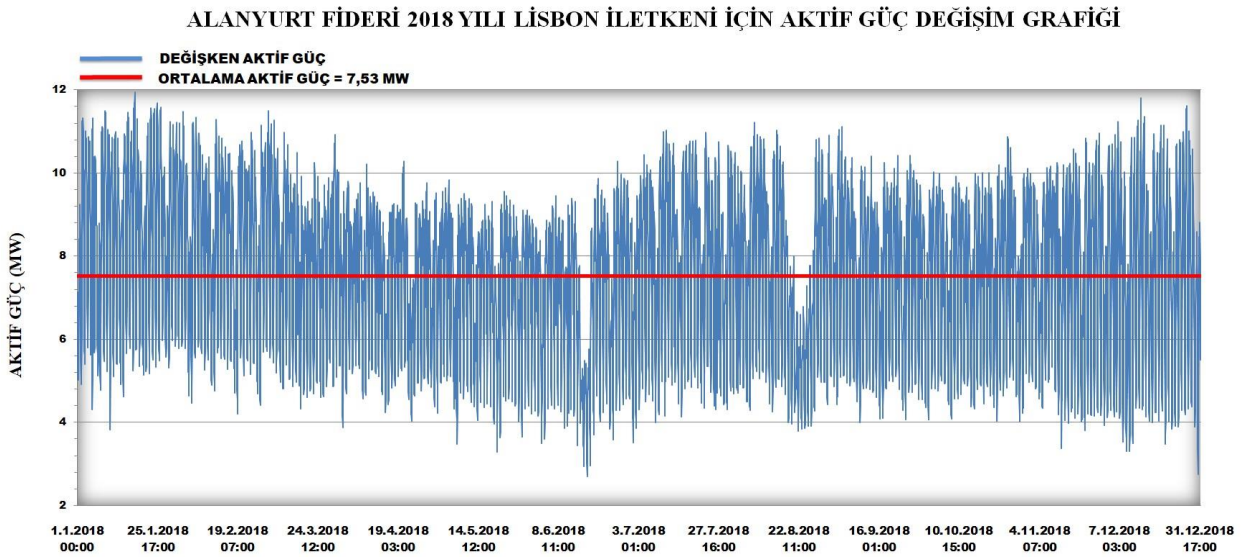

**Şekil 4-14: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Lisbon İletkeni için Akım Değişim Grafiği**

Şekil 4-14' de Alanyurt Fideri için 2018 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinden geçen akıma ait değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,134 kA akım geçtiği tespit edilmiştir.



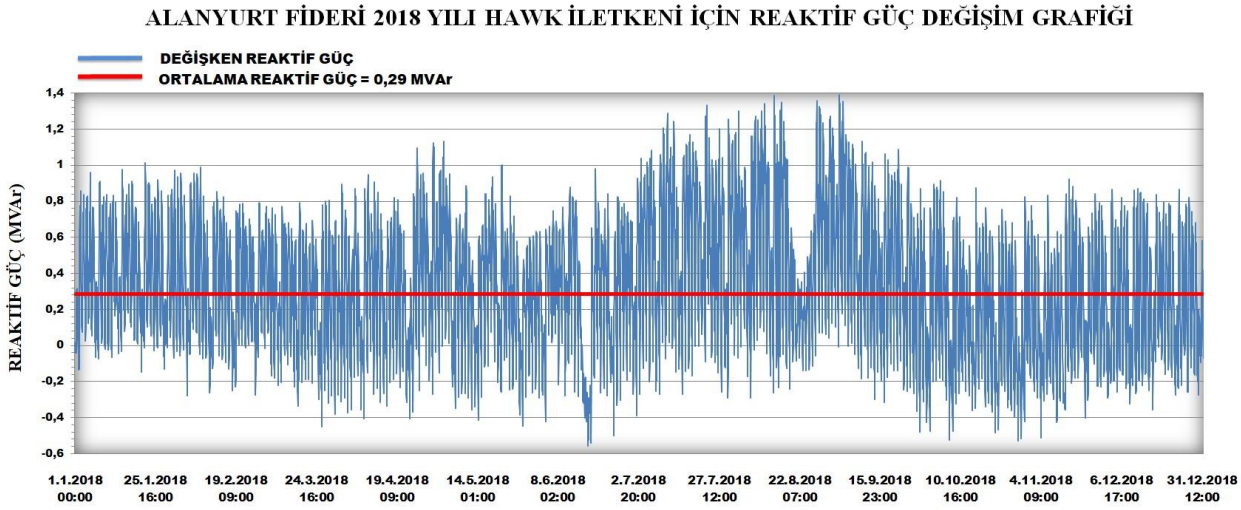

**Şekil 4-15: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Hawk İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-15' de Alanyurt Fideri için 2018 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan aktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Ortalama 6,84 MW güç değeri ölçülmüştür.



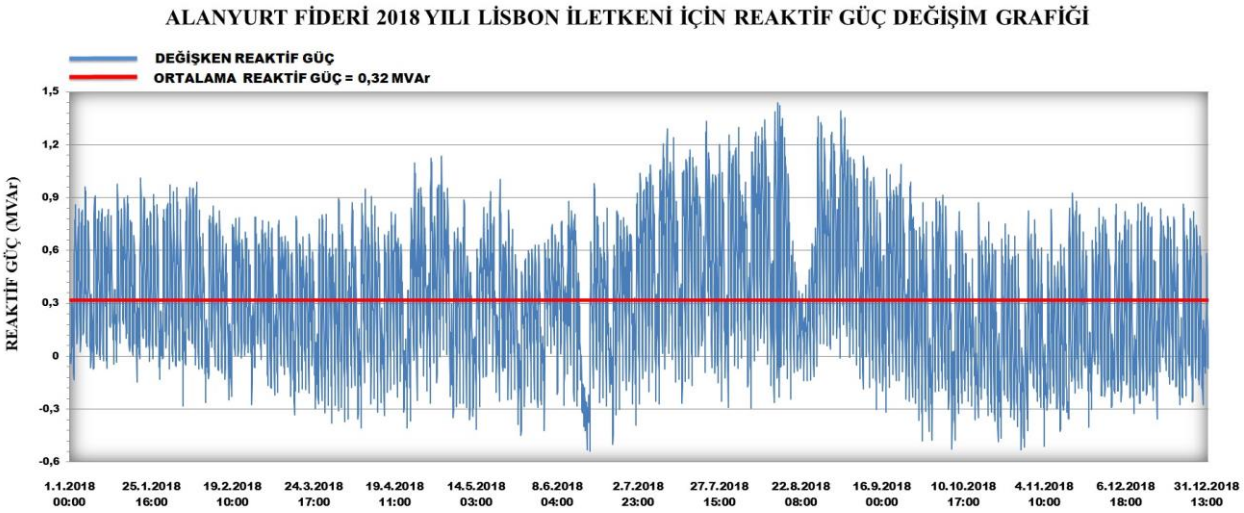

**Şekil 4-16: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Lisbon İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-16' da Alanyurt Fideri için 2018 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan aktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 7,53 MW güç oluştuğu gözlemlenmiştir.



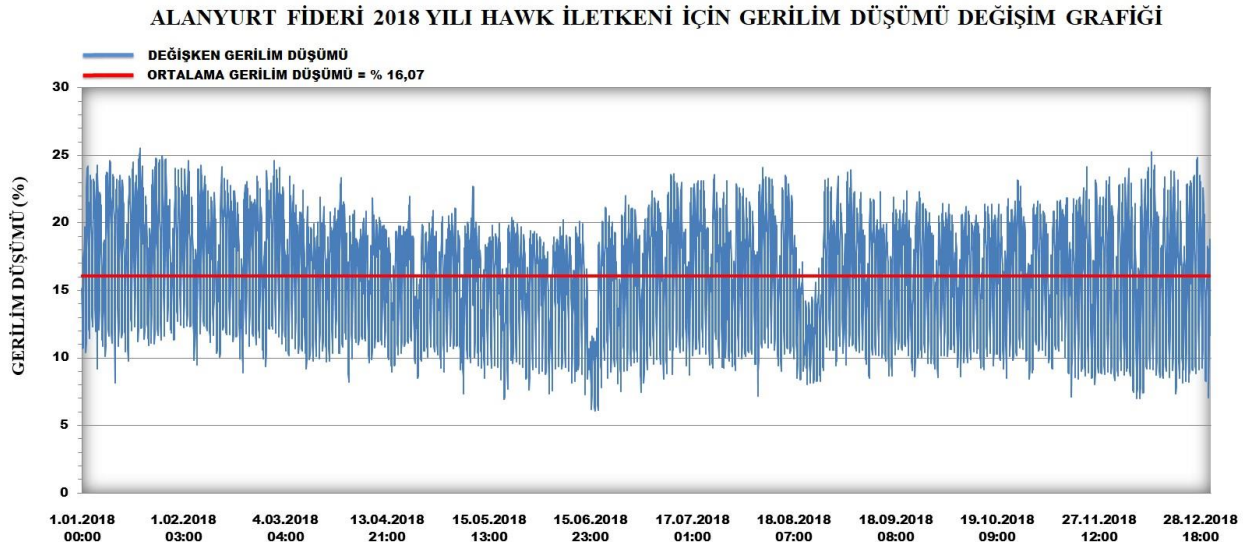

**Şekil 4-17: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Hawk İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-17' de Alanyurt Fideri için 2018 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan reaktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,29 MVAr reaktif güç oluştuğu görülmüştür.



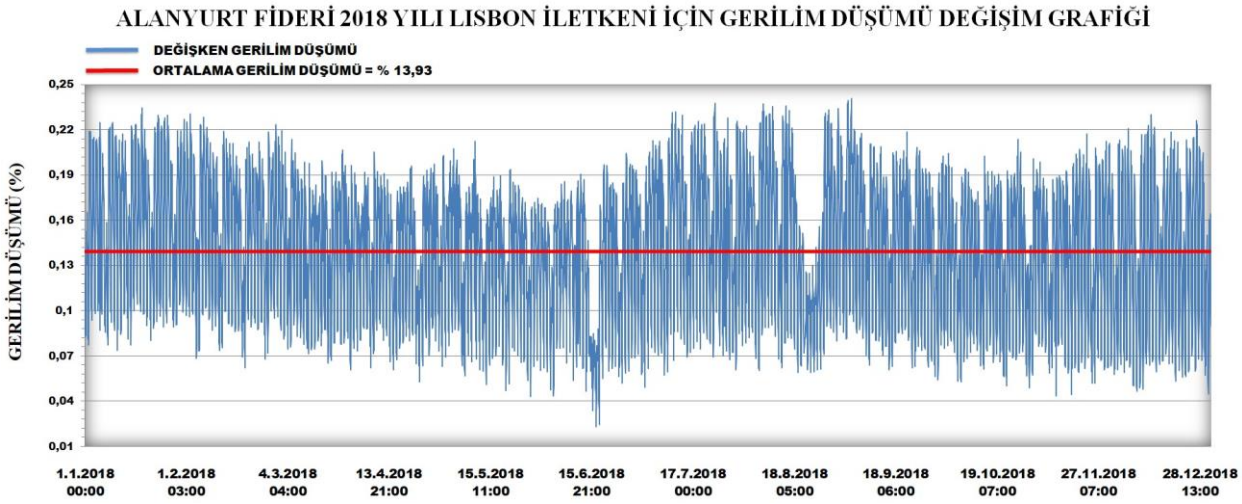

**Şekil 4-18: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Lisbon İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-18' de Alanyurt Fideri için 2018 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan reaktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,32 MVAr reaktif güç oluştuğu tespit edilmiştir.



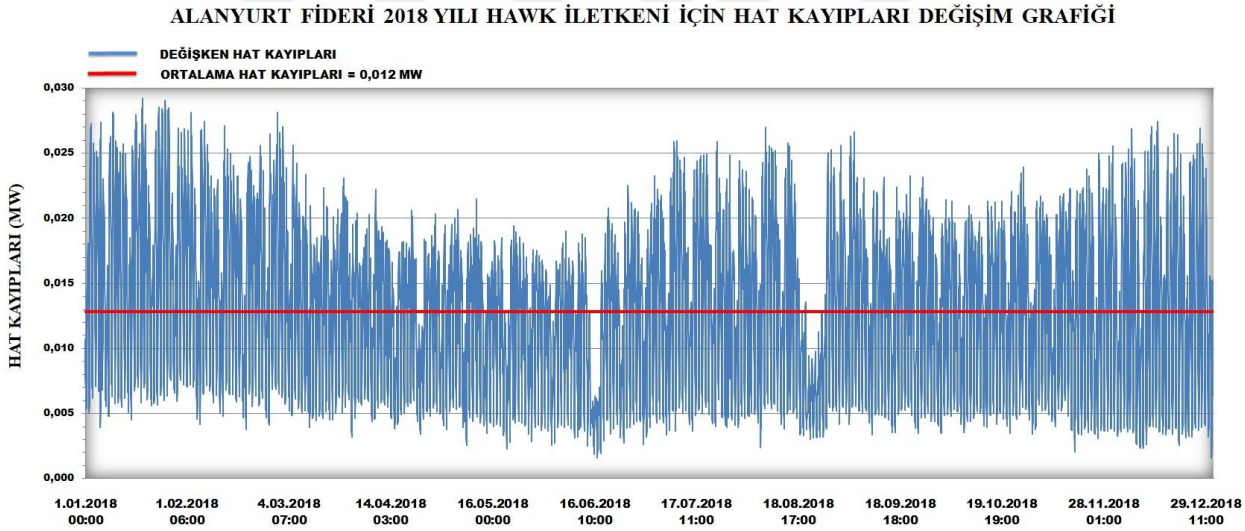

**Şekil 4-19: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Hawk İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği**

Şekil 4-19' da Alanyurt Fideri için 2018 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan gerilim düşümü değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama gerilim düşümü %16,07 olarak gözlemlenmiştir.



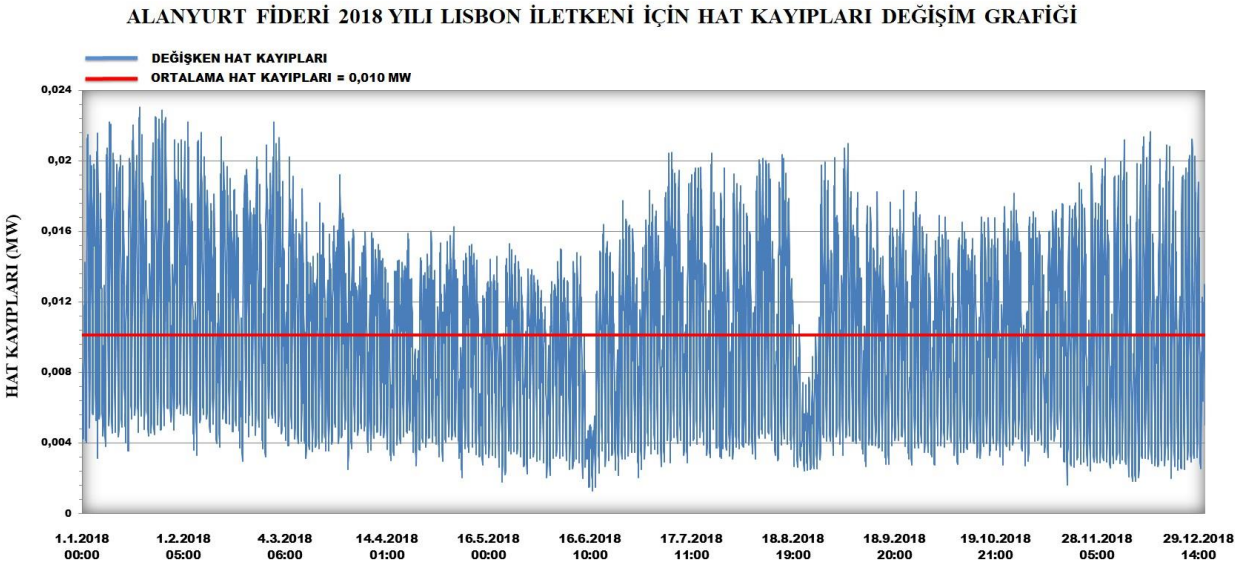

**Şekil 4-20: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Lisbon İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği**

Şekil 4-20' de Alanyurt Fideri için 2018 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan gerilim düşümü değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama gerilim düşümü %13,93 olarak tespit edilmiştir.



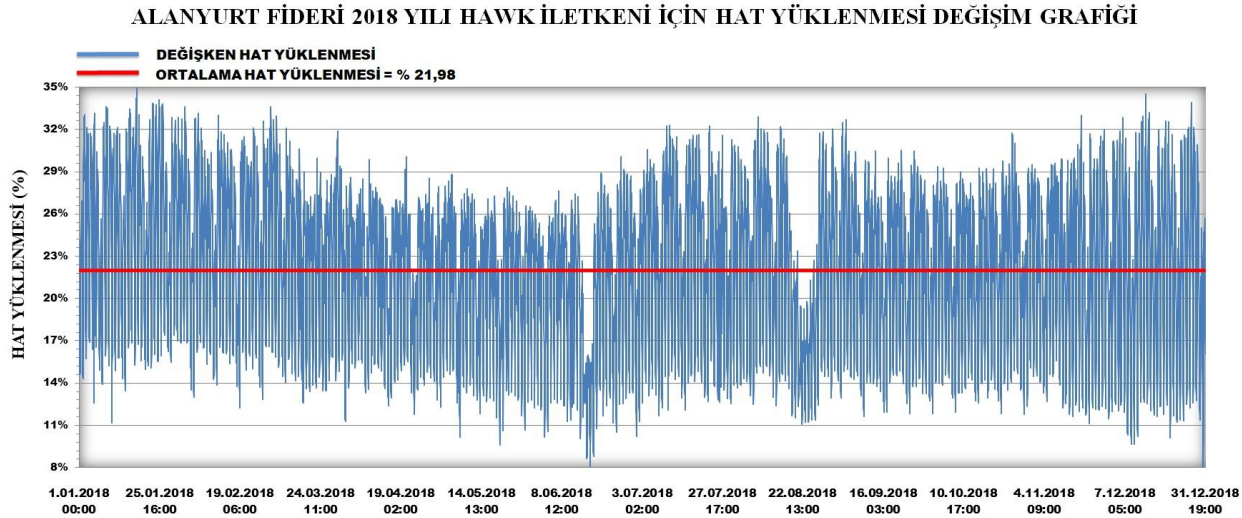

**Şekil 4-21: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Hawk İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği**

Şekil 4-21' de Alanyurt Fideri için 2018 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan hat kayıpları değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat kaybı 0,012 MW olarak gözlemlenmiştir.



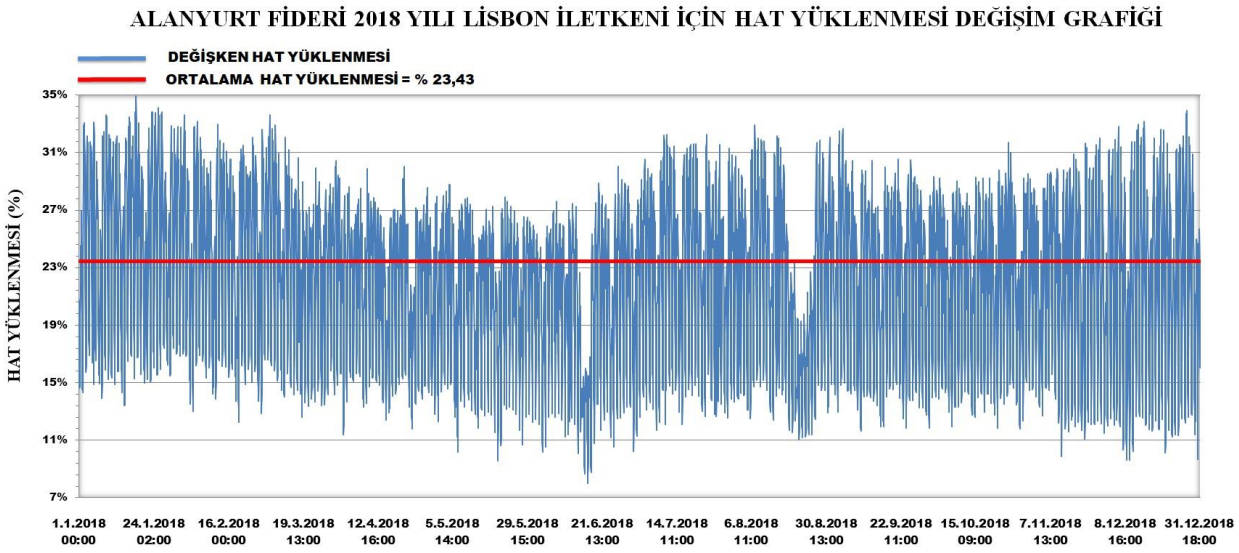

**Şekil 4-22: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Lisbon İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği**

Şekil 4-22' de Alanyurt Fideri için 2018 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan hat kayıpları değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat kaybı 0,010 MW olarak ölçülmüştür.




**Şekil 4-23: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Hawk İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği**

Şekil 4-23' de Alanyurt Fideri için 2018 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan hat yüklenmesi değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat yüklenmesi değerinin %21,98 olduğu gözlenmiştir.



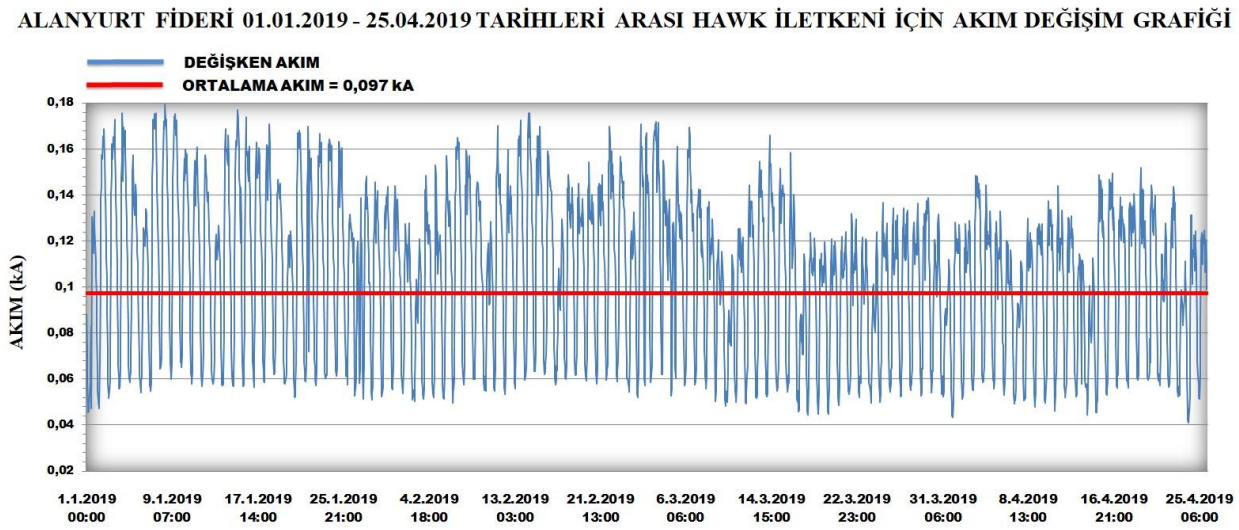

**Şekil 4-24: Alanyurt Fideri 2018 Yılı Lisbon İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği**

Şekil 4-24' de Alanyurt Fideri için 2018 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan hat yüklenmesi değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat yüklenmesi %23,43 olarak gözlemlenmiştir.

2018 yılı için grafiklerden elde edilen değerler, karşılaştırmalı analiz yapılabilmesi açısından Tablo 4-2' de özet halde sunulmuştur.

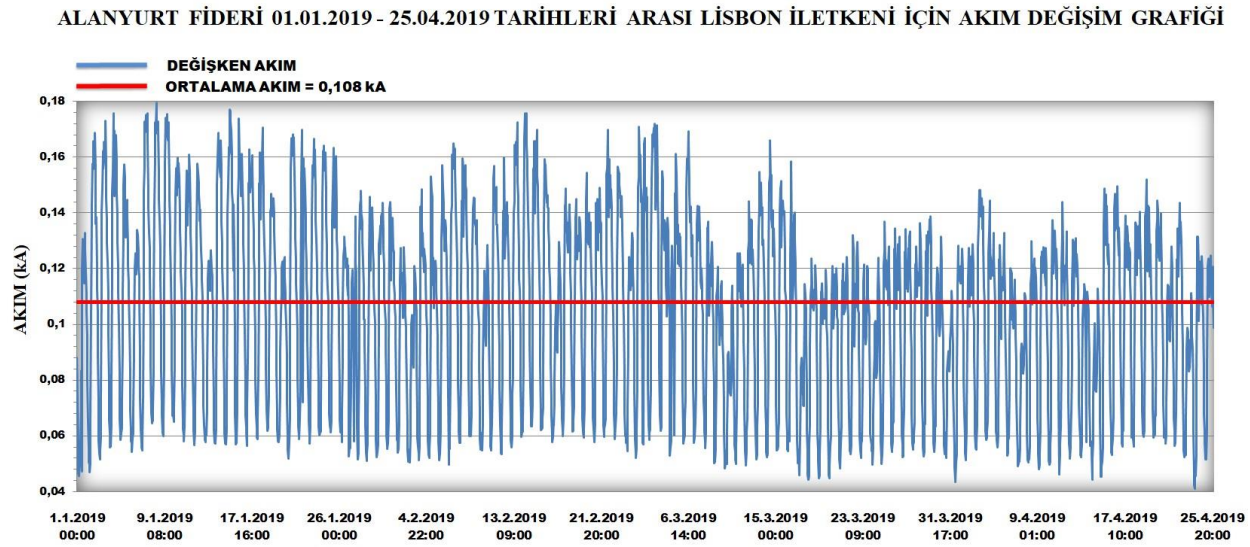
**Tablo 4-2: Alanyurt Fideri 2018 yılı Hat Parametreleri**

| İLETKEN CİNSİ | Hawk | Lisbon |
|---|---|---|
| **Akım (kA)** | 0,121 | 0,134 |
| **Aktif Güç (MW)** | 6,84 | 7,53 |
| **Reaktif Güç (MVAr)** | 0,29 | 0,32 |
| **Gerilim Düşümü (%)** | 16,07 | 13,93 |
| **Hat Kayıpları (MW)** | 0,012 | 0,010 |
| **Hat Yüklenmesi (%)** | 21,98 | 23,43 |



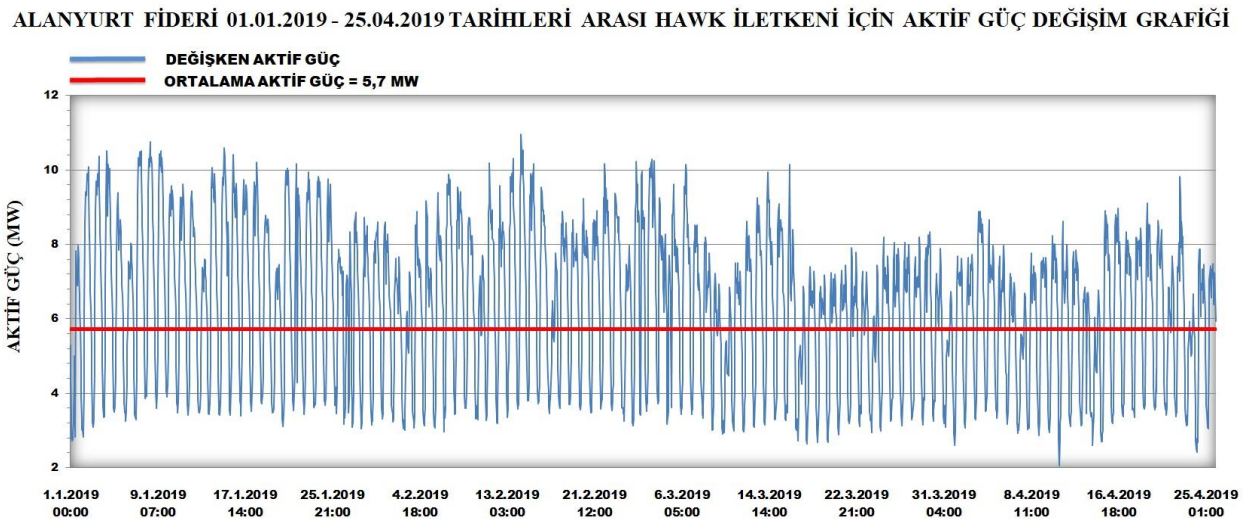

**Şekil 4-25: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Hawk İletkeni için Akım Değişim Grafiği**

Şekil 4-25' de Alanyurt Fideri için 2019-1 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinden geçen akıma ait değişim grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde, ortalama akım değerinin 0,097 kA olduğu gözlemlenmiştir.



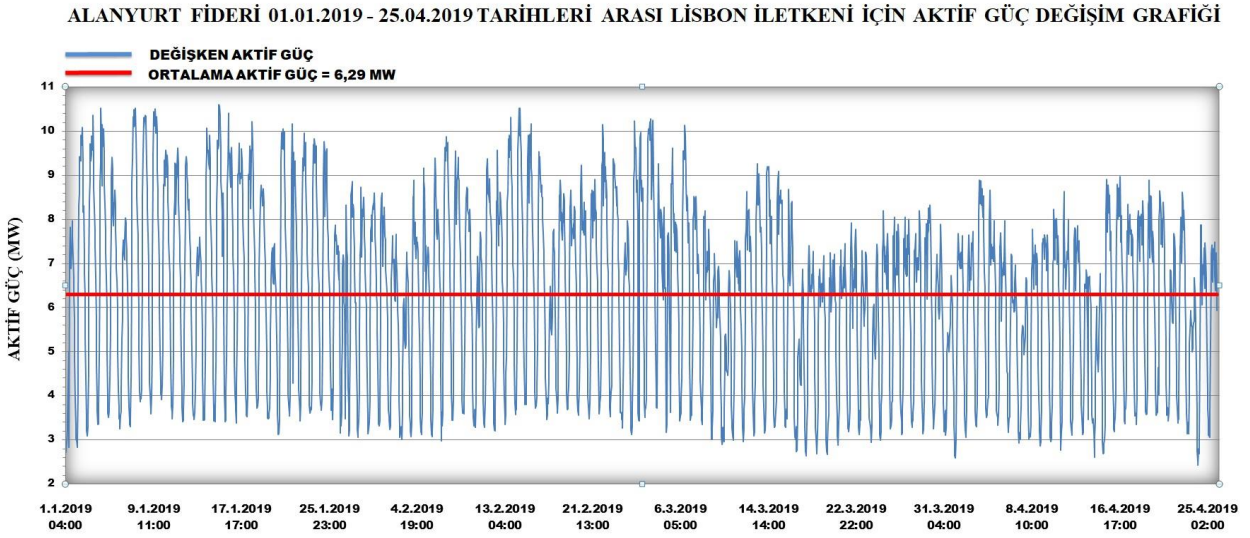

**Şekil 4-26: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Lisbon İletkeni için Akım Değişim Grafiği**

Şekil 4-26' da Alanyurt Fideri için 2019-1 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinden geçen akıma ait değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,108 kA akım geçtiği tespit edilmiştir.



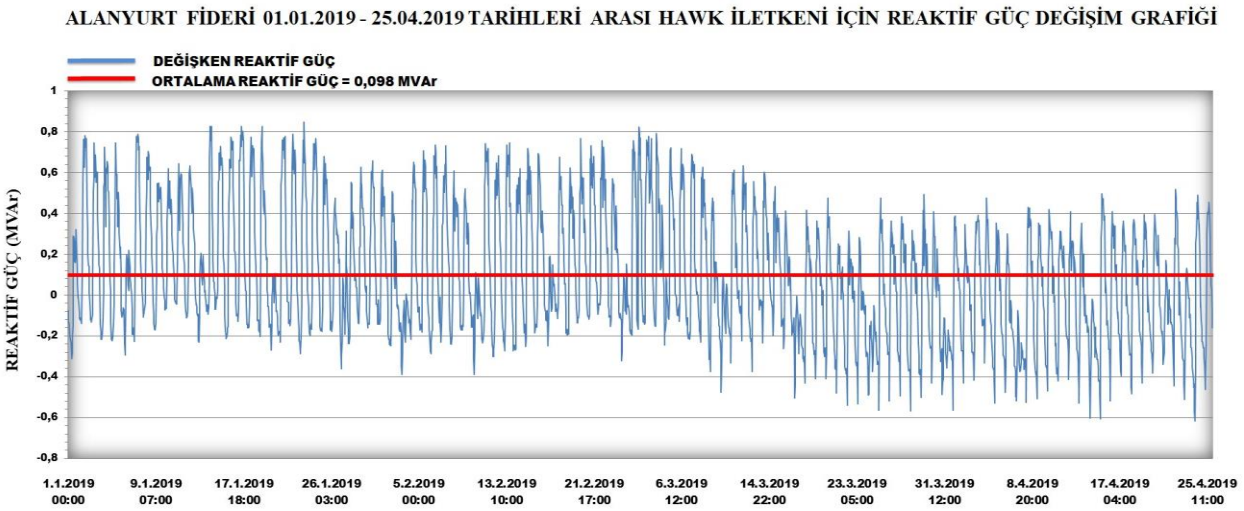

**Şekil 4-27: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Hawk İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-27' de Alanyurt Fideri için 2019-1 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan aktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Ortalama 5,7 MW güç değeri ölçülmüştür.



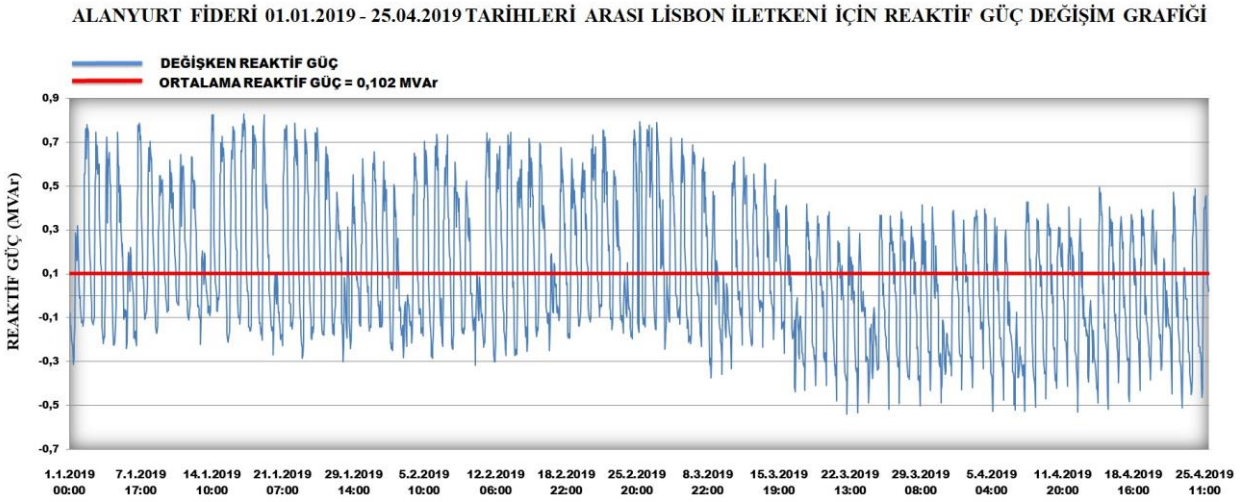

**Şekil 4-28: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Lisbon İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-28' de Alanyurt Fideri için 2019-1 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan aktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 6,29 MW güç oluştuğu gözlemlenmiştir.



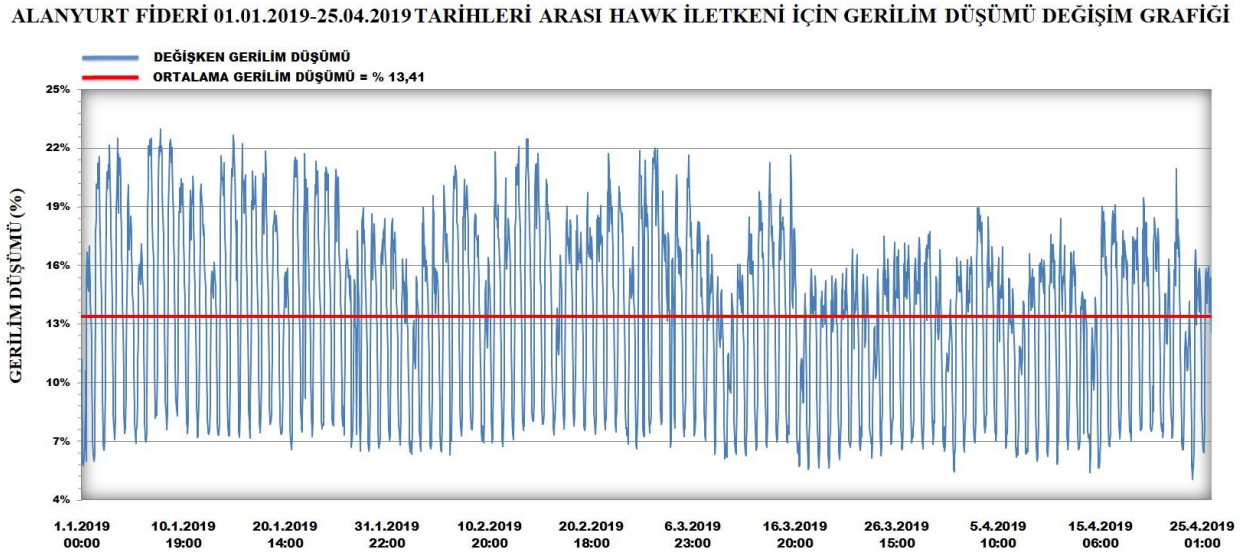

**Şekil 4-29: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Hawk İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-29' da Alanyurt Fideri için 2019-1 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan reaktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,098 MVAr reaktif güç oluştuğu görülmüştür.



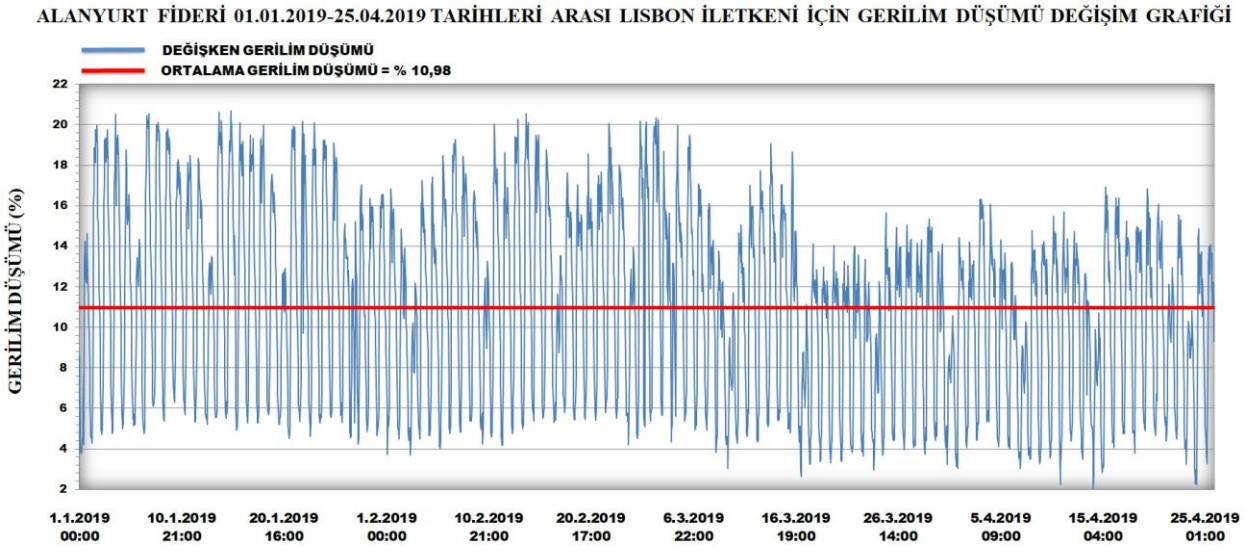

**Şekil 4-30: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Lisbon İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-30' da Alanyurt Fideri için 2019-1 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan reaktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,102 MVAr reaktif güç oluştuğu gözlemlenmiştir.



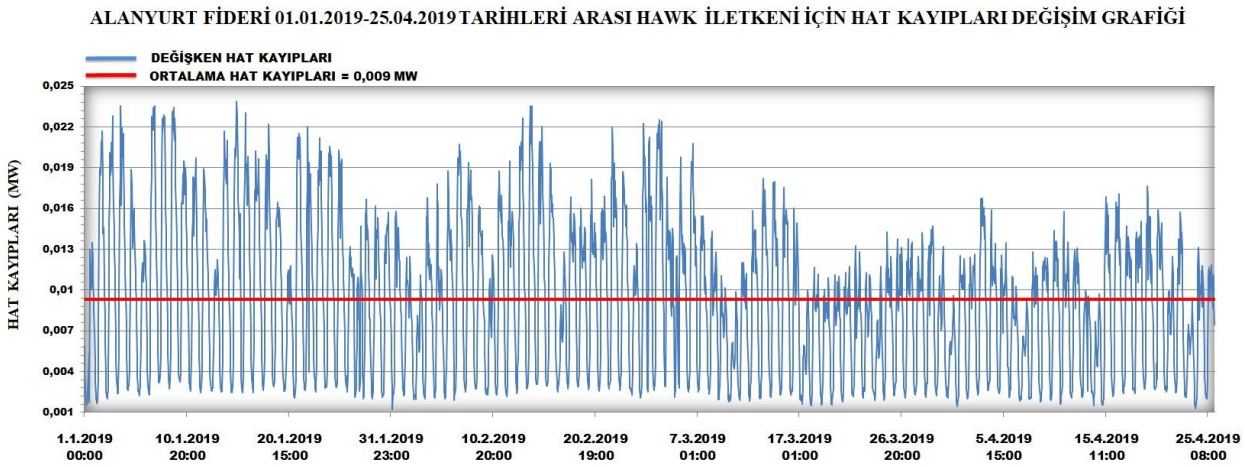

**Şekil 4-31: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Hawk İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği**

Şekil 4-31' de Alanyurt Fideri için 2019-1 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan gerilim düşümü değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama gerilim düşümü %13,41 olarak ölçülmüştür.



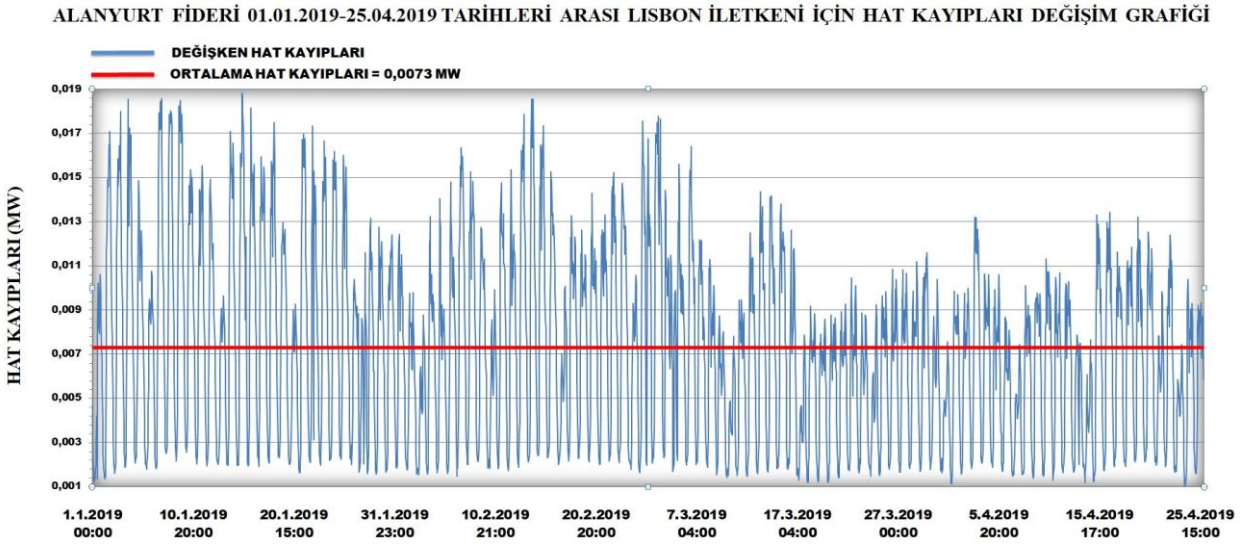

**Şekil 4-32: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Lisbon İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği**

Şekil 4-32' de Alanyurt Fideri için 2019-1 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan gerilim düşümü değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama gerilim düşümü %10,98 olarak gözlemlenmiştir.



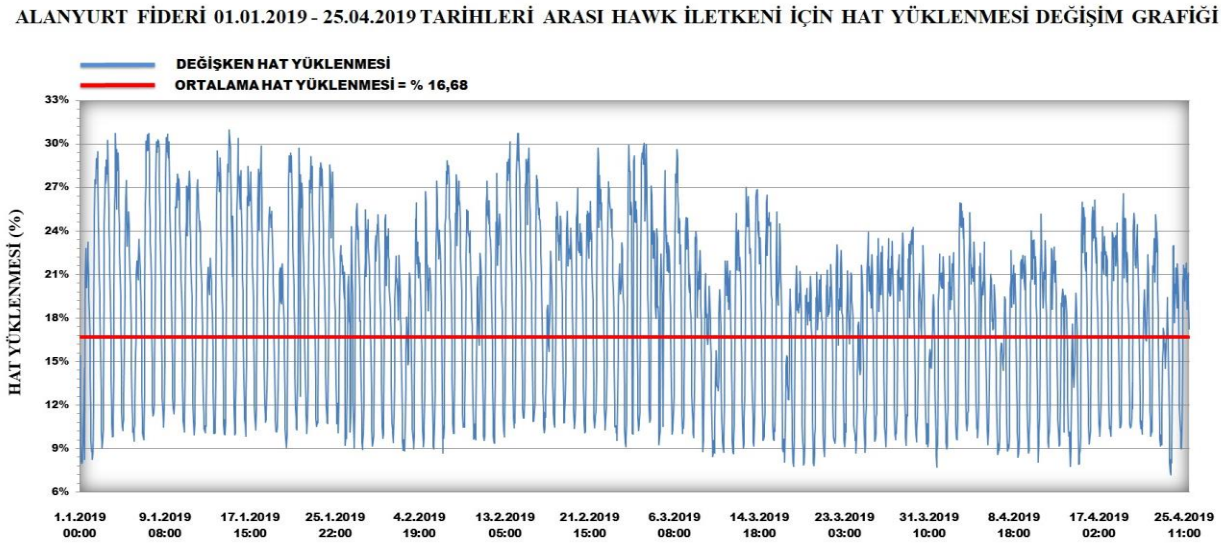

**Şekil 4-33: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Hawk İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği**

Şekil 4-33' de Alanyurt Fideri için 2019-1 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan hat kayıpları değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat kaybı 0,0109 MW olarak tespit edilmiştir.



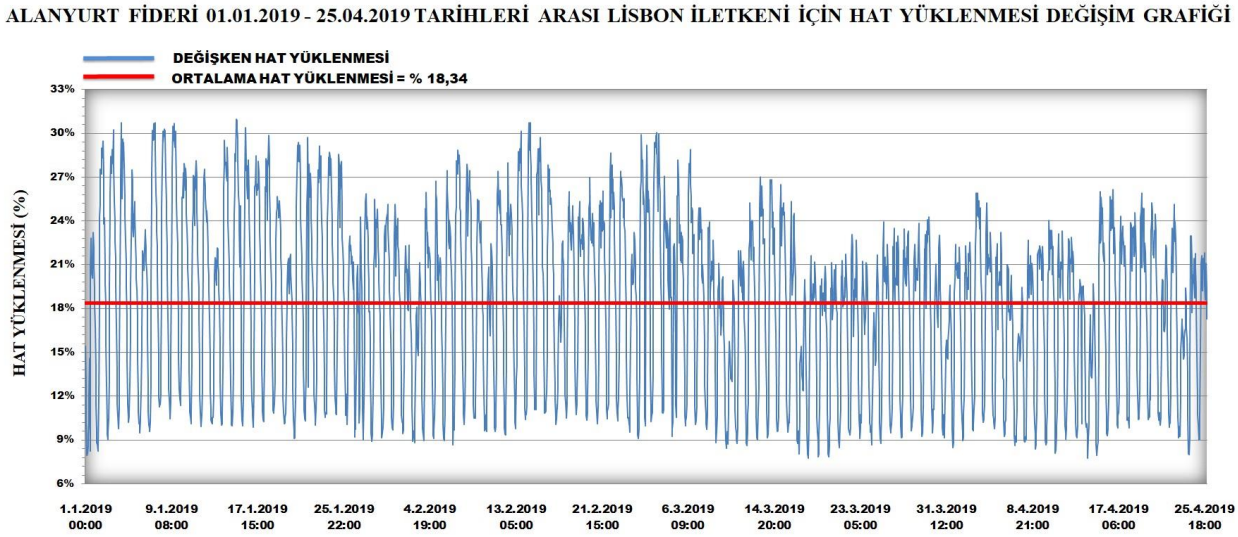

**Şekil 4-34: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Lisbon İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği**

Şekil 4-34' de Alanyurt Fideri için 2019-1 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan hat kayıpları değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat kaybı 0,0073 MW olarak gözlemlenmiştir.




**Şekil 4-35: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Hawk İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği**

Şekil 4-35' de Alanyurt Fideri için 2019-1 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan hat yüklenmesi değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat yüklenmesi değerinin %16,68 olduğu gözlenmiştir.



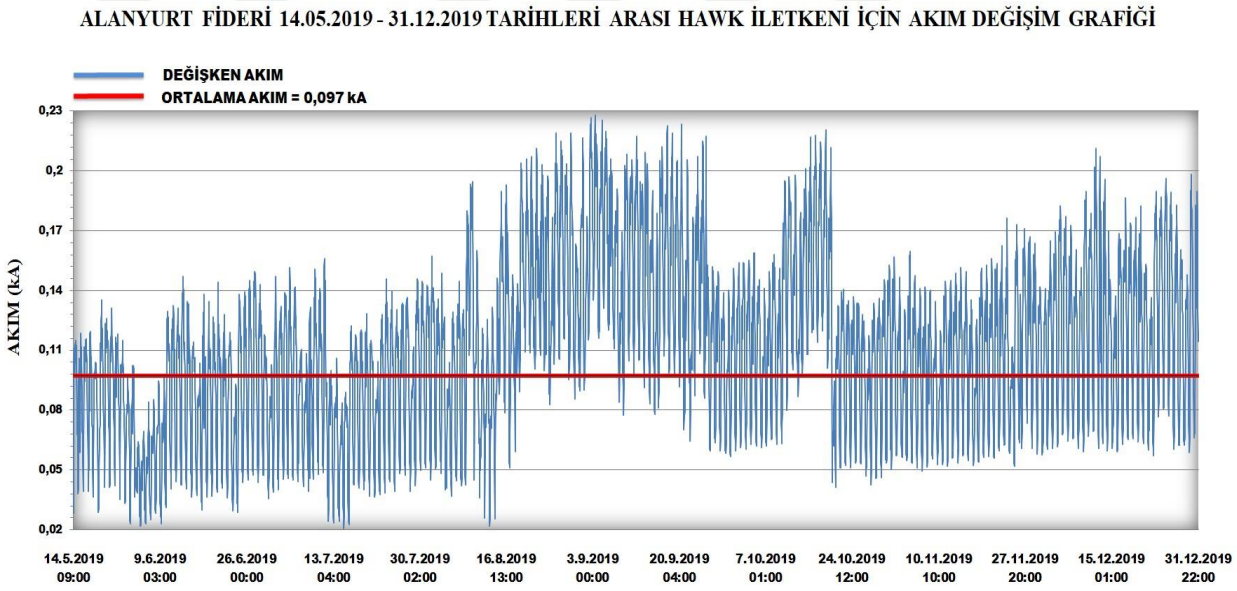

**Şekil 4-36: Alanyurt Fideri 2019-1 Yılı Lisbon İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği**

Şekil 4-36' da Alanyurt Fideri için 2019-1 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan hat yüklenmesi değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat yüklenmesi %18,34 olarak ölçülmüştür.

2019-1 yılı için grafiklerden elde edilen değerler, karşılaştırmalı analiz yapılabilmesi açısından Tablo 4-3'de özet halde sunulmuştur.

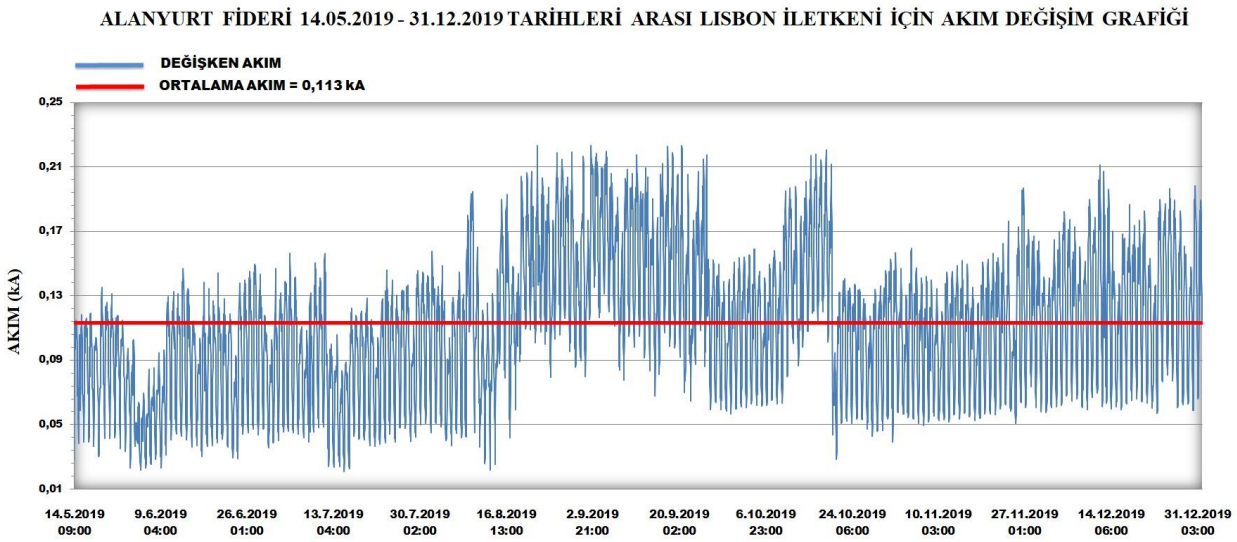
**Tablo 4-3: Alanyurt Fideri 2019-1 yılı Hat Parametreleri**

| İLETKEN CİNSİ | Hawk | Lisbon |
|---|---|---|
| **Akım (kA)** | 0,097 | 0,108 |
| **Aktif Güç (MW)** | 5,7 | 6,29 |
| **Reaktif Güç (MVAr)** | 0,098 | 0,102 |
| **Gerilim Düşümü (%)** | 13,41 | 10,98 |
| **Hat Kayıpları (MW)** | 0,009 | 0,0073 |
| **Hat Yüklenmesi (%)** | 16,68 | 18,34 |



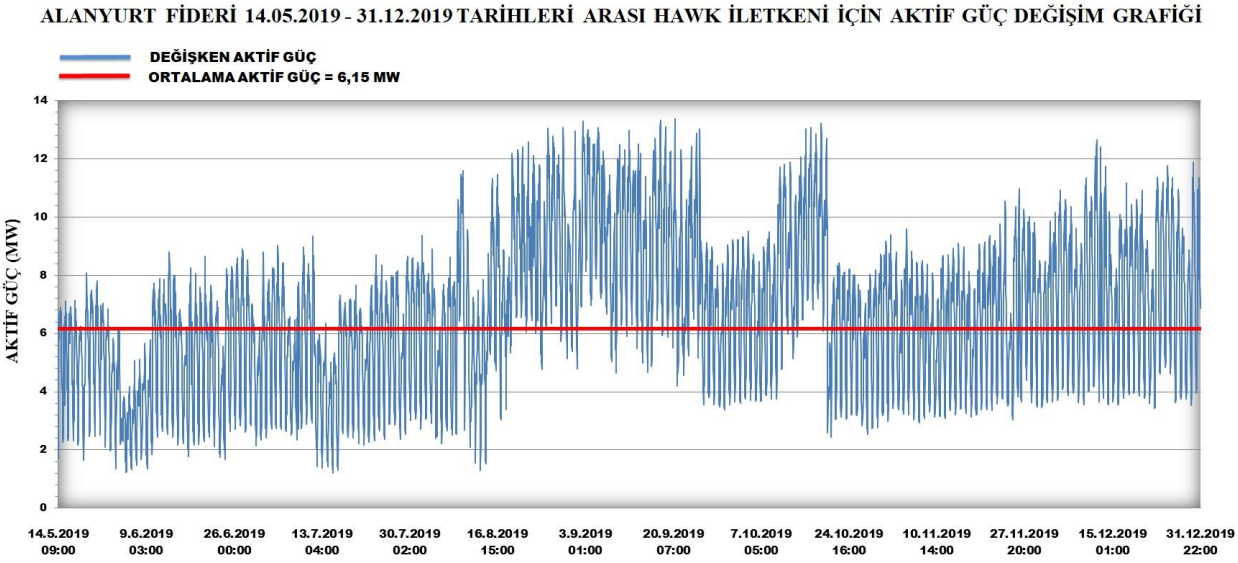

**Şekil 4-37: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Hawk İletkeni için Akım Değişim Grafiği**

Şekil 4-37' de Alanyurt Fideri için 2019-2 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinden geçen akıma ait değişim grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde, ortalama akım değerinin 0,097 kA olduğu gözlemlenmiştir.



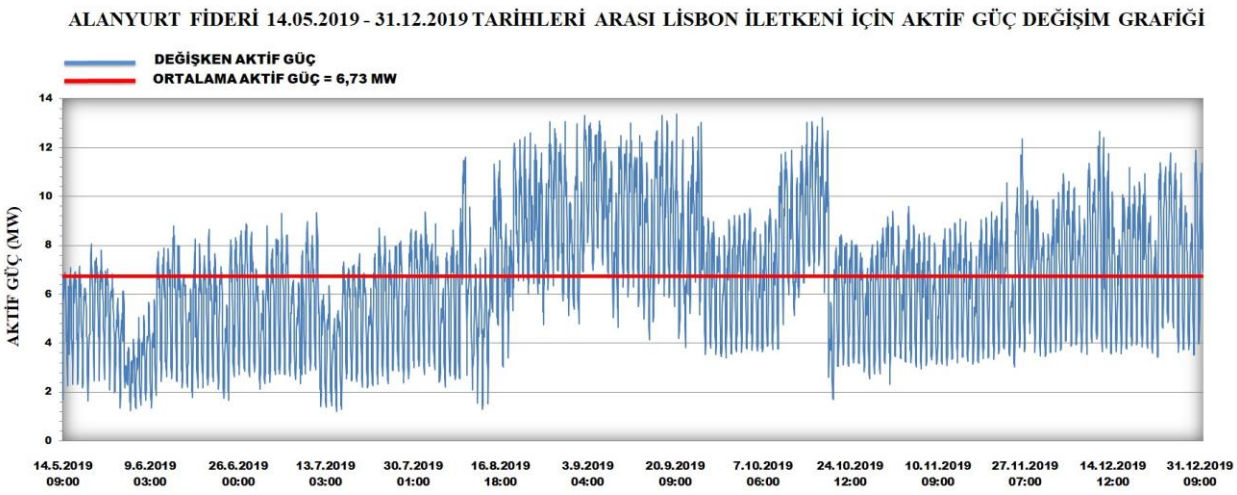

**Şekil 4-38: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Lisbon İletkeni için Akım Değişim Grafiği**

Şekil 4-38' de Alanyurt Fideri için 2019-2 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinden geçen akıma ait değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,113 kA akım geçtiği tespit edilmiştir.



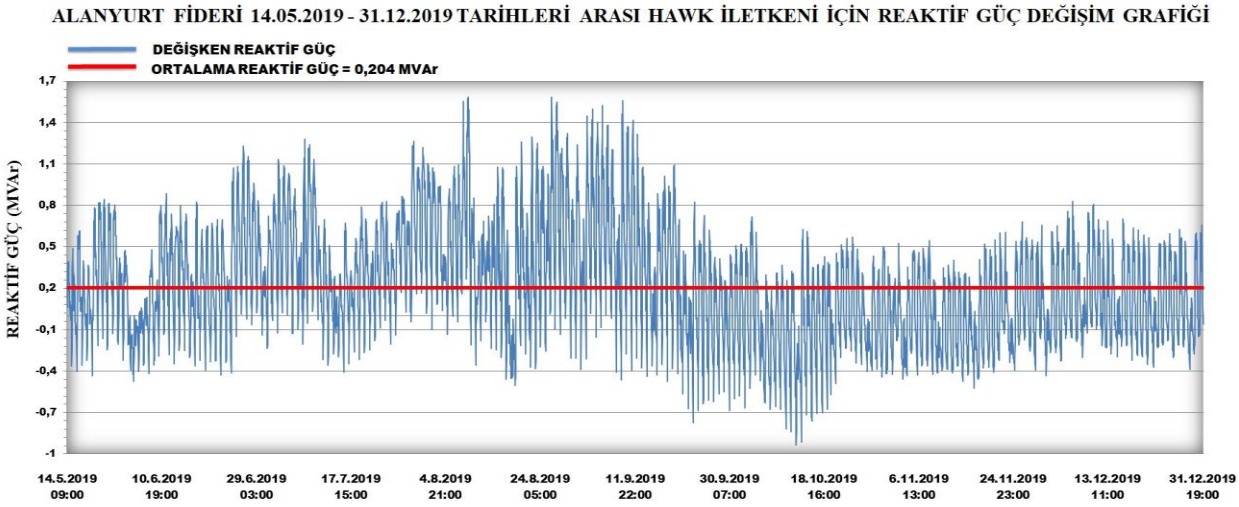

**Şekil 4-39: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Hawk İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-39' da Alanyurt Fideri için 2019-2 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan aktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Ortalama 6,15 MW güç değeri ölçülmüştür.



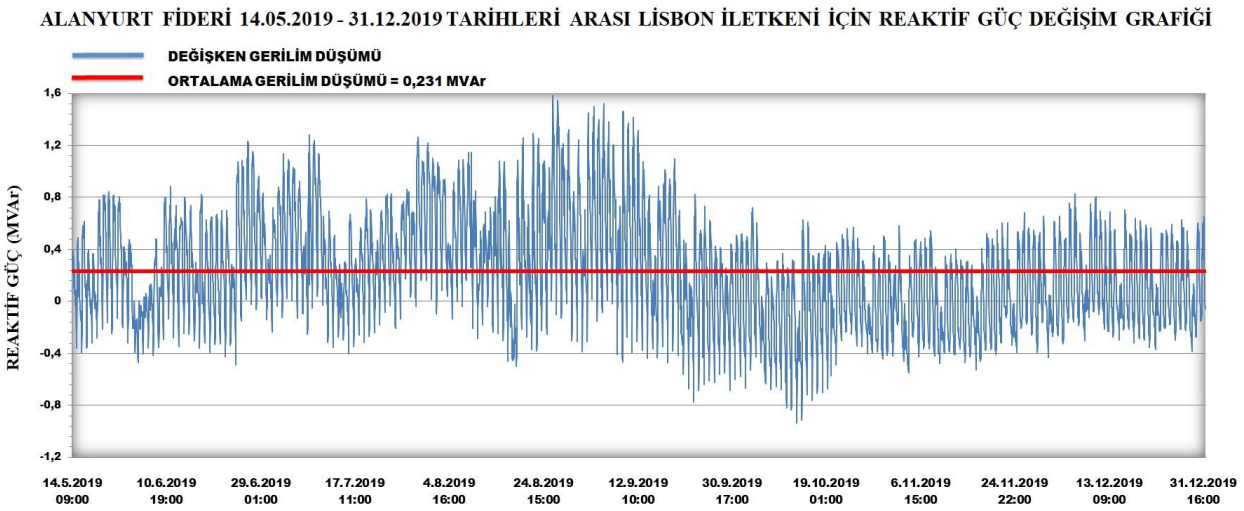

**Şekil 4-40: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Lisbon İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-40' da Alanyurt Fideri için 2019-2 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan aktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 6,73 MW güç oluştuğu gözlemlenmiştir.



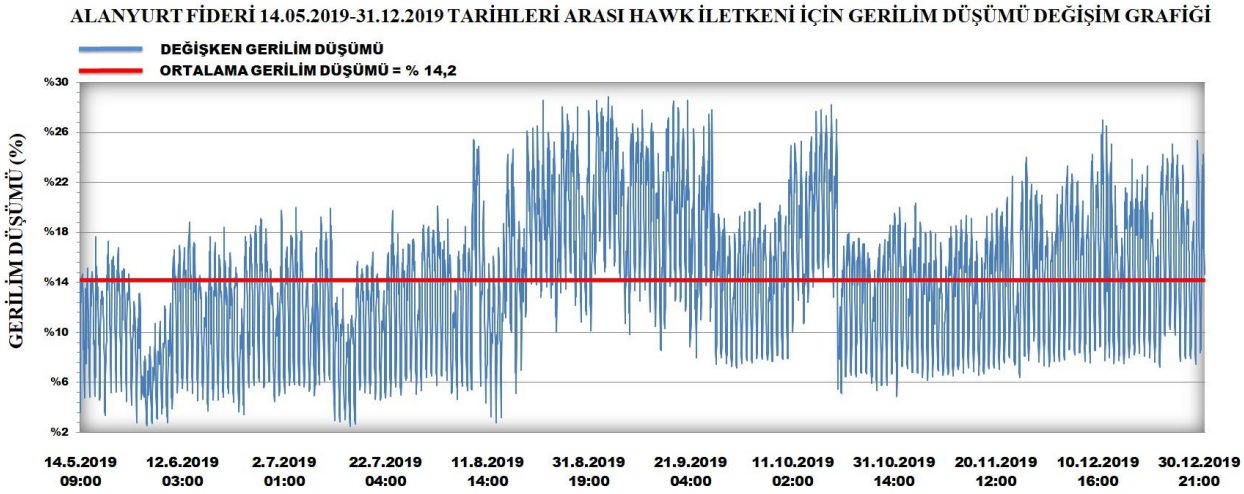

**Şekil 4-41: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Hawk İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-41' de Alanyurt Fideri için 2019-2 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan reaktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,204 MVAr reaktif güç oluştuğu görülmüştür.



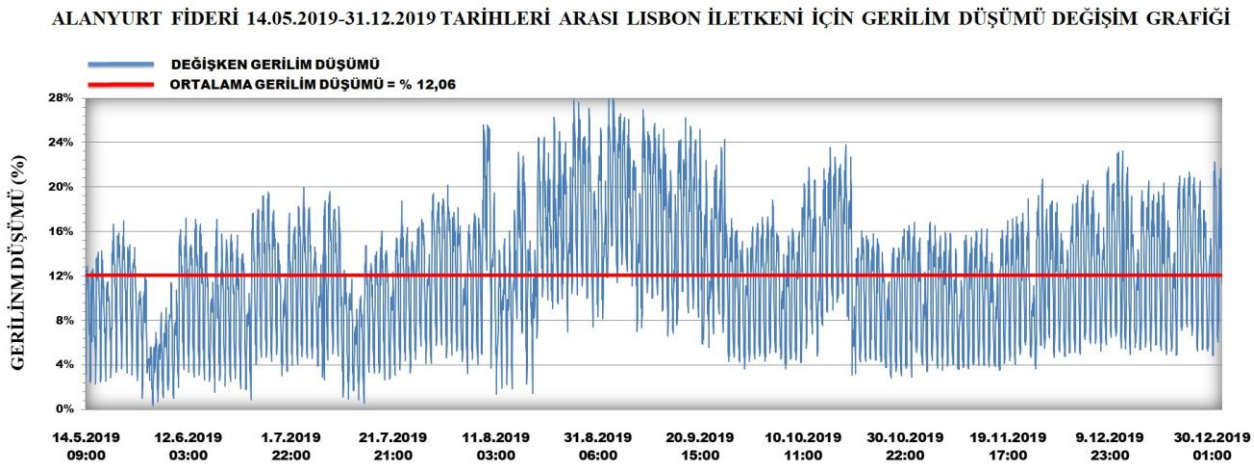

**Şekil 4-42: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Lisbon İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-42' de Alanyurt Fideri için 2019-2 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan reaktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,231 MVAr reaktif güç oluştuğu gözlemlenmiştir.



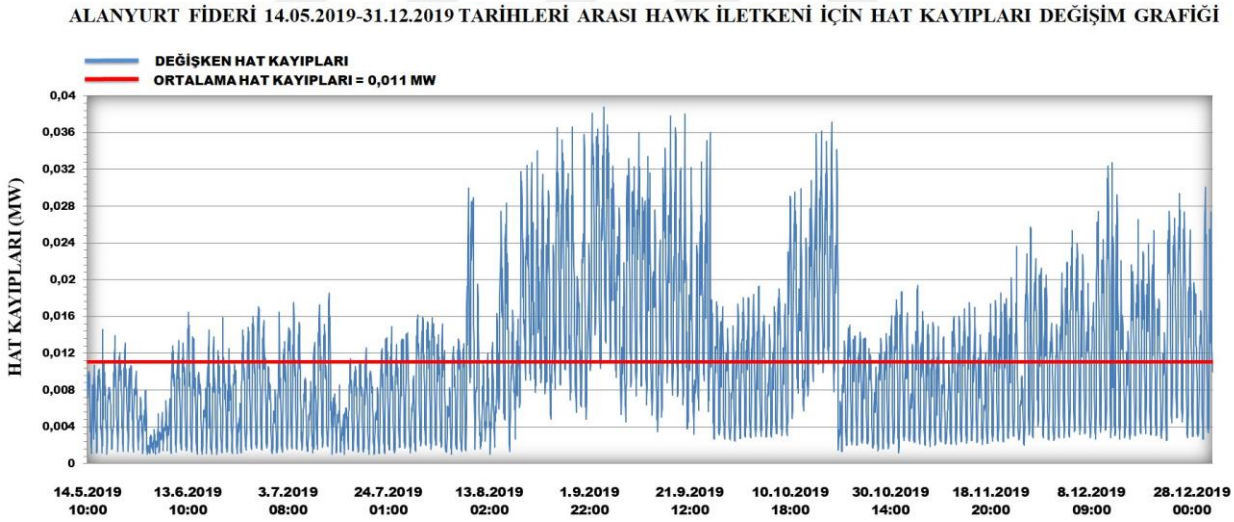

**Şekil 4-43: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Hawk İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği**

Şekil 4-43' de Alanyurt Fideri için 2019-2 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan gerilim düşümü değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama gerilim düşümü %14,2 olarak ölçülmüştür.



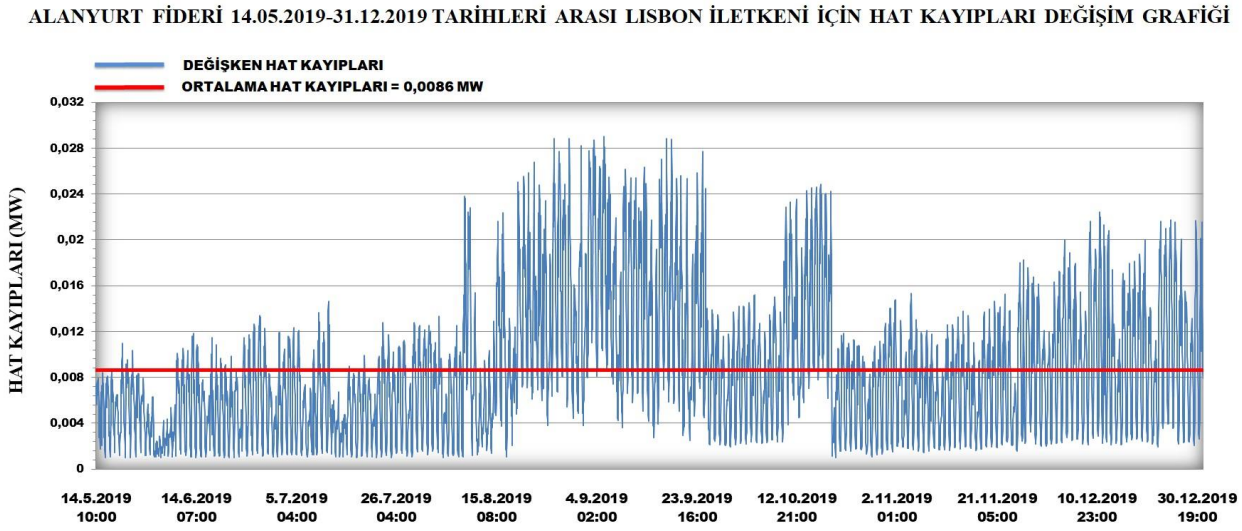

**Şekil 4-44: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Lisbon İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği**

Şekil 4-44' de Alanyurt Fideri için 2019-2 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan gerilim düşümü değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama gerilim düşümü %12,06 olarak tespit edilmiştir.



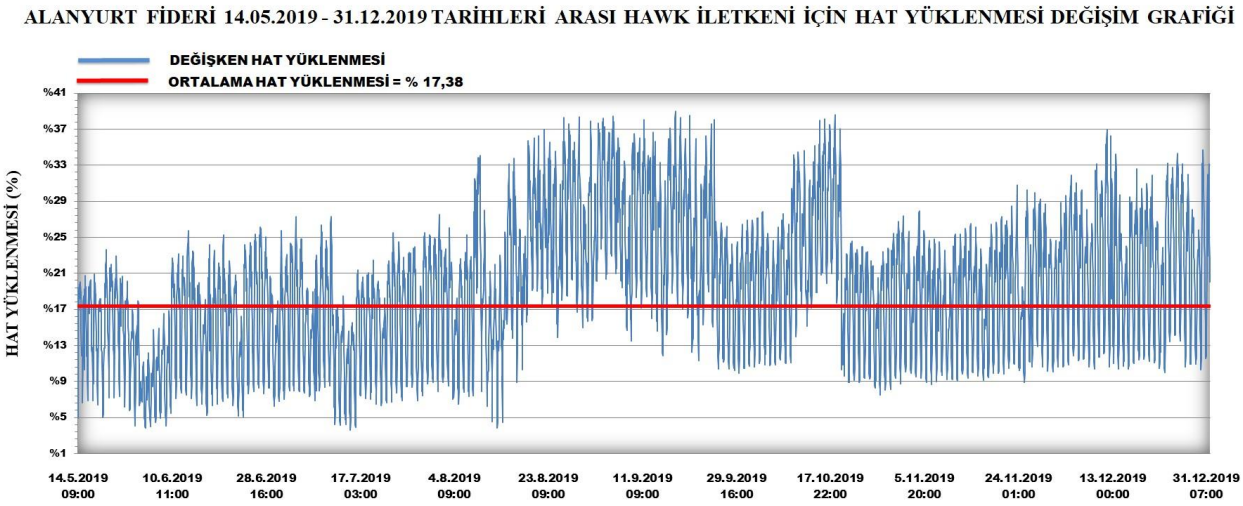

**Şekil 4-45: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Hawk İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği**

Şekil 4-45' de Alanyurt Fideri için 2019-2 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan hat kayıpları değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat kaybı 0,011 MW olarak gözlemlenmiştir.



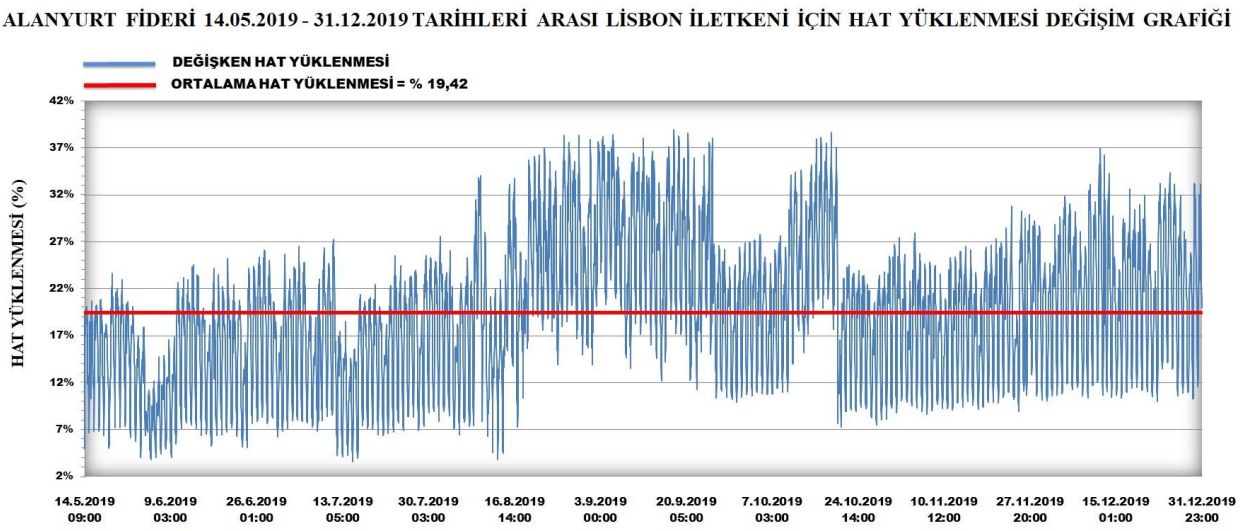

**Şekil 4-46: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Lisbon İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği**

Şekil 4-46' da Alanyurt Fideri için 2019-2 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan hat kayıpları değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat kaybı 0,0086 MW olarak gözlemlenmiştir.




**Şekil 4-47: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Hawk İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği**

Şekil 4-47' de Alanyurt Fideri için 2019-2 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan hat yüklenmesi değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat yüklenmesi değerinin %17,38 olduğu gözlenmiştir.



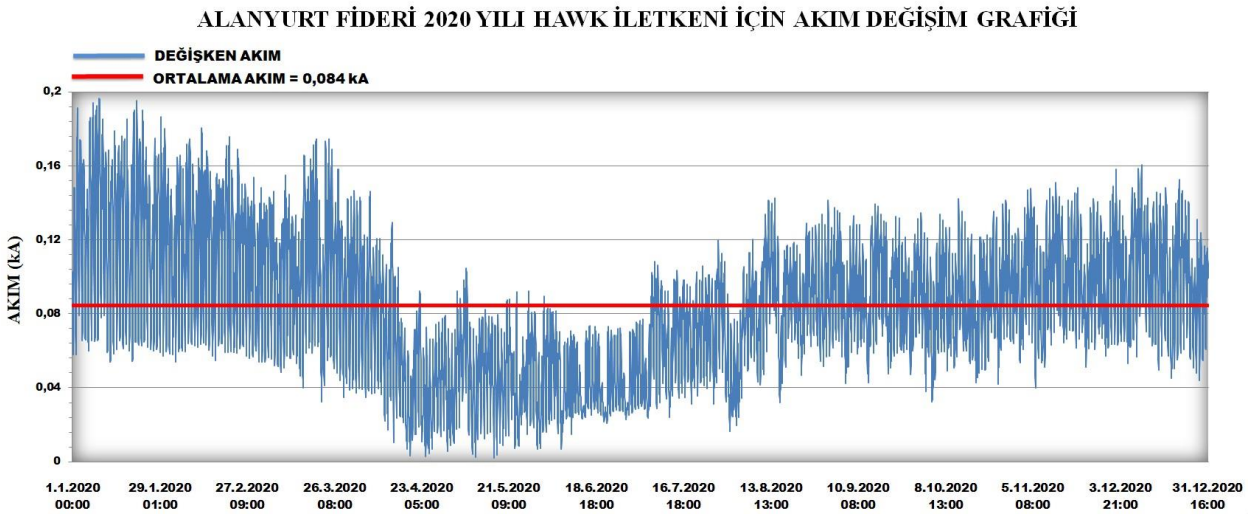

**Şekil 4-48: Alanyurt Fideri 2019-2 Yılı Lisbon İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği**

Şekil 4-48' de Alanyurt Fideri için 2019-2 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan hat yüklenmesi değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat yüklenmesi %19,42 olarak gözlemlenmiştir.

2019-2 yılı için grafiklerden elde edilen değerler, karşılaştırmalı analiz yapılabilmesi açısından Tablo 4-4' de özet halde sunulmuştur.

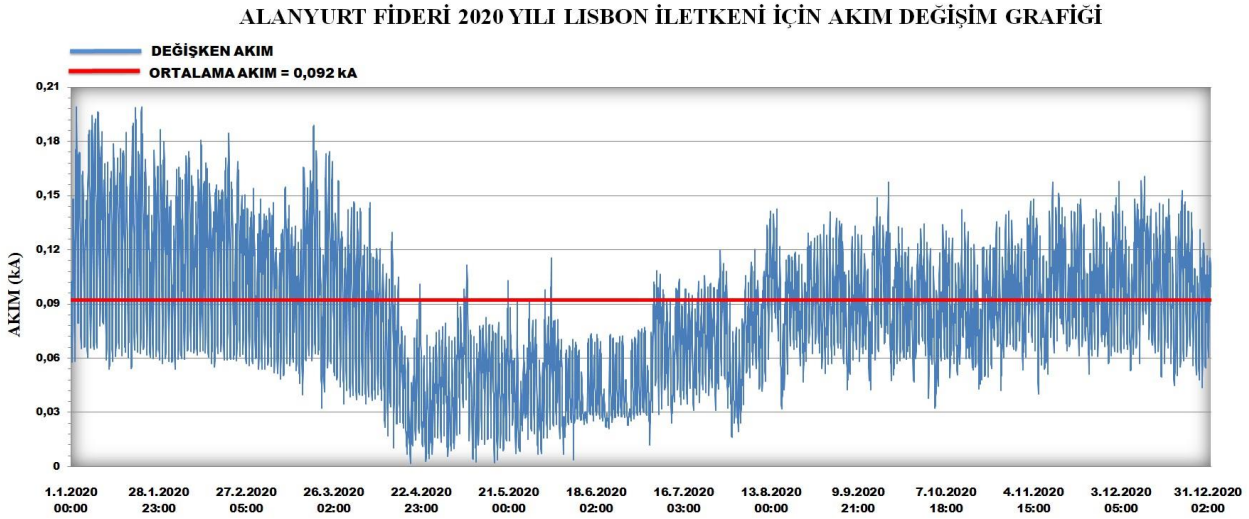
**Tablo 4-4: Alanyurt Fideri 2019-2 yılı Hat Parametreleri**

| İLETKEN CİNSİ | Hawk | Lisbon |
|---|---|---|
| **Akım (kA)** | 0,097 | 0,113 |
| **Aktif Güç (MW)** | 6,15 | 6,73 |
| **Reaktif Güç (MVAr)** | 0,204 | 0,231 |
| **Gerilim Düşümü (%)** | 14,2 | 12,06 |
| **Hat Kayıpları (MW)** | 0,011 | 0,0086 |
| **Hat Yüklenmesi (%)** | 17,38 | 19,42 |



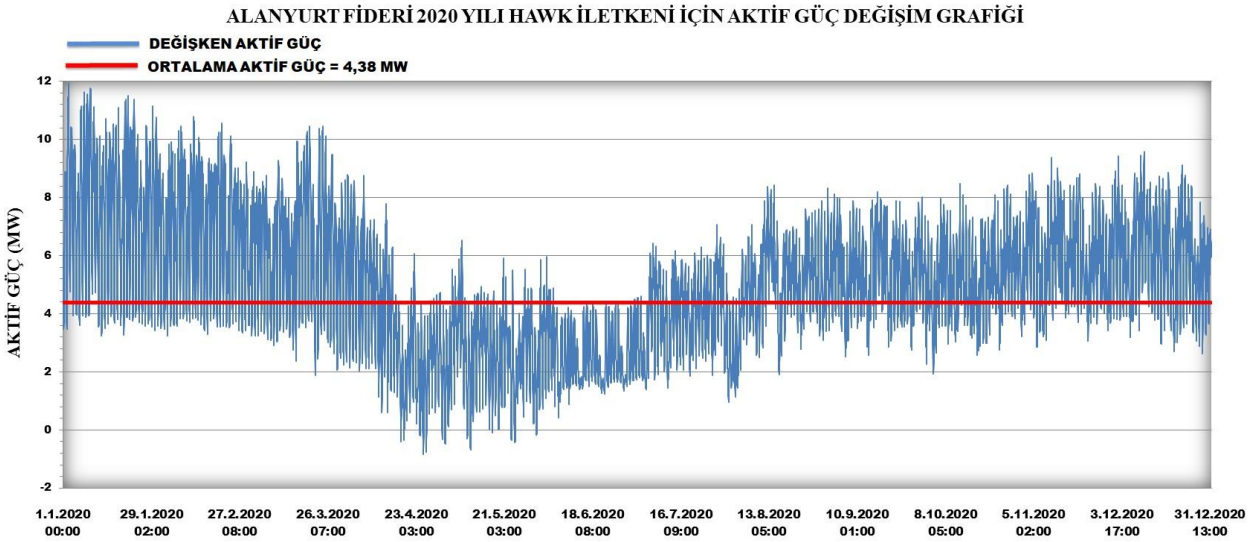

**Şekil 4-49: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Hawk İletkeni için Akım Değişim Grafiği**

Şekil 4-49' da Alanyurt Fideri için 2020 yılı içerisinde Hawk İletkeni üzerinden geçen akıma ait değişim grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde, ortalama akım değerinin 0,084 kA olduğu gözlemlenmiştir.



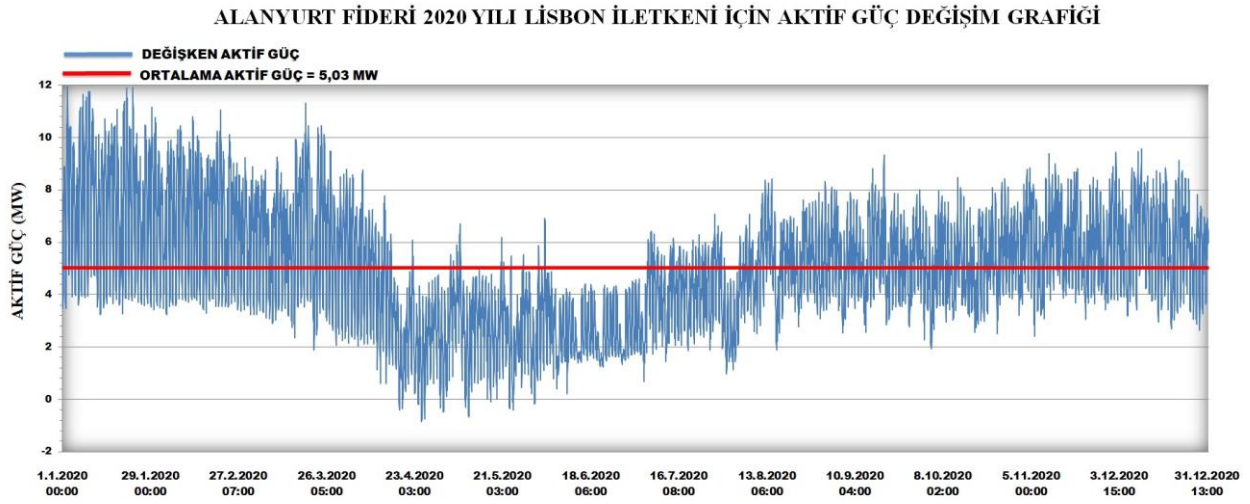

**Şekil 4-50: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Lisbon İletkeni için Akım Değişim Grafiği**

Şekil 4-50' de Alanyurt Fideri için 2020 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinden geçen akıma ait değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,092 kA akım geçtiği tespit edilmiştir.



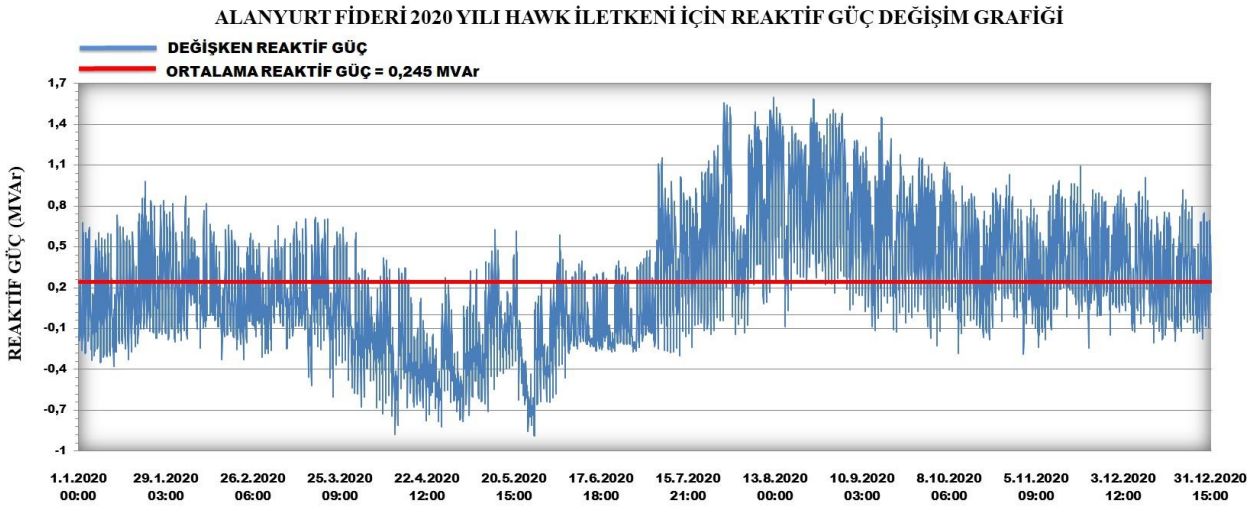

**Şekil 4-51: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Hawk İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-51' de Alanyurt Fideri için 2020 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan aktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Ortalama 4,38 MW güç değeri ölçülmüştür.



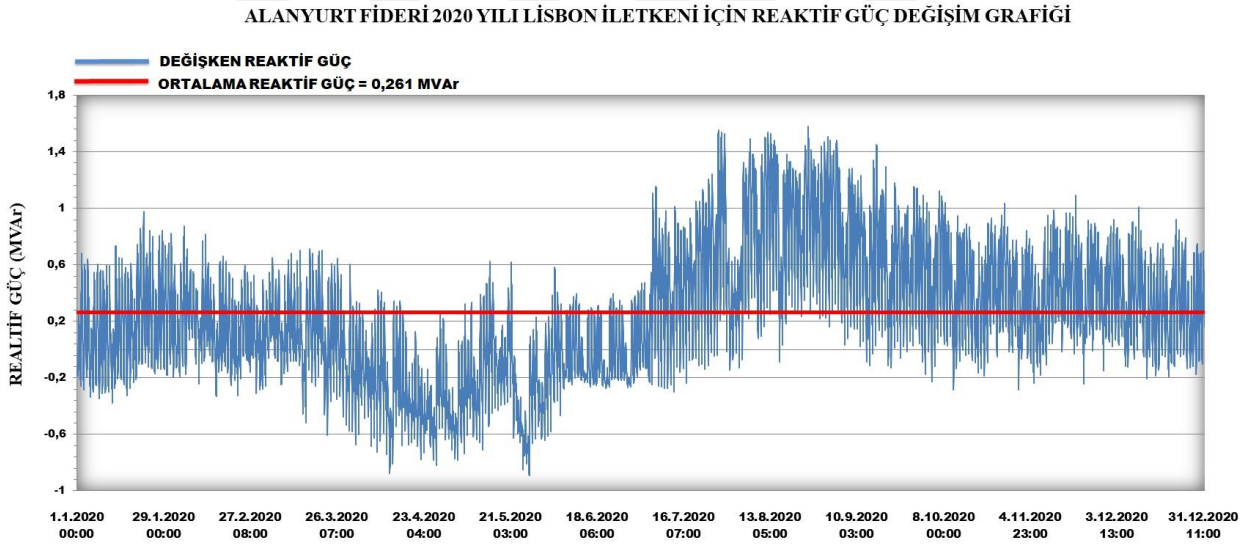

**Şekil 4-52: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Lisbon İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-52' de Alanyurt Fideri için 2020 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan aktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 5,03 MW güç oluştuğu gözlemlenmiştir.



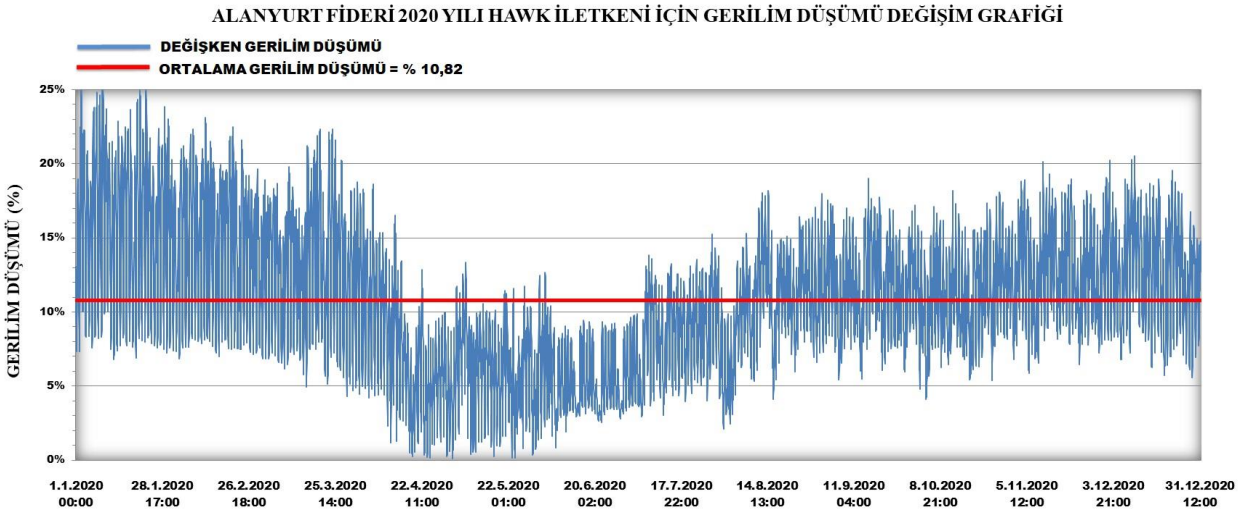

**Şekil 4-53: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Hawk İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-53' de Alanyurt Fideri için 2020 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan reaktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,245 MVAr reaktif güç oluştuğu gözlemlenmiştir.



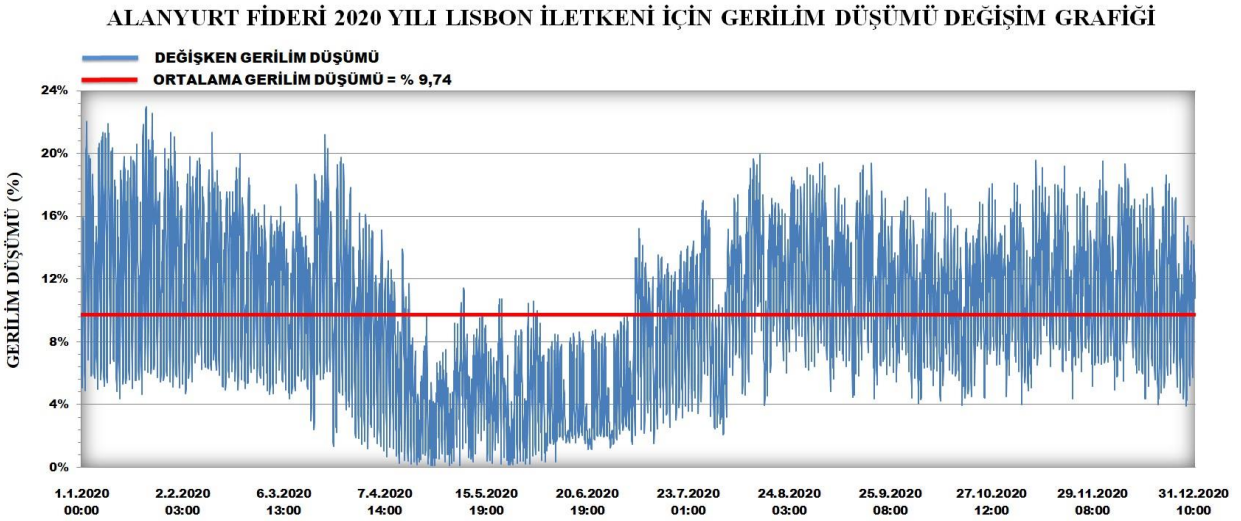

**Şekil 4-54: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Lisbon İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-54' de Alanyurt Fideri için 2020 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan reaktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,261 MVAr reaktif güç oluştuğu gözlemlenmiştir.



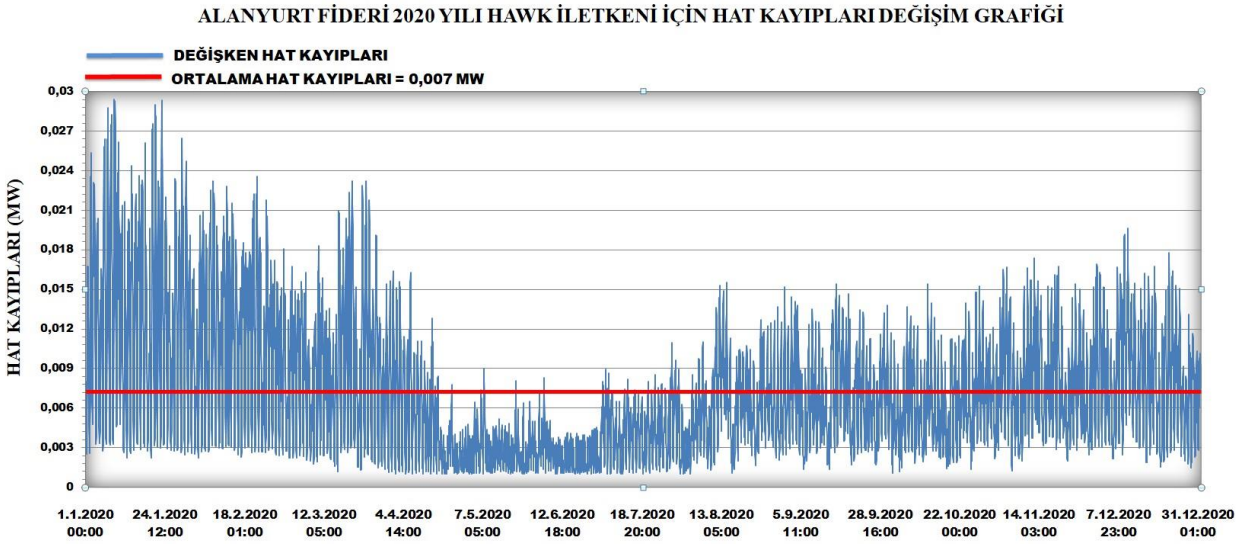

**Şekil 4-55: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Hawk İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği**

Şekil 4-55' de Alanyurt Fideri için 2020 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan gerilim düşümü değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama gerilim düşümü %10,82 olarak gözlemlenmiştir.



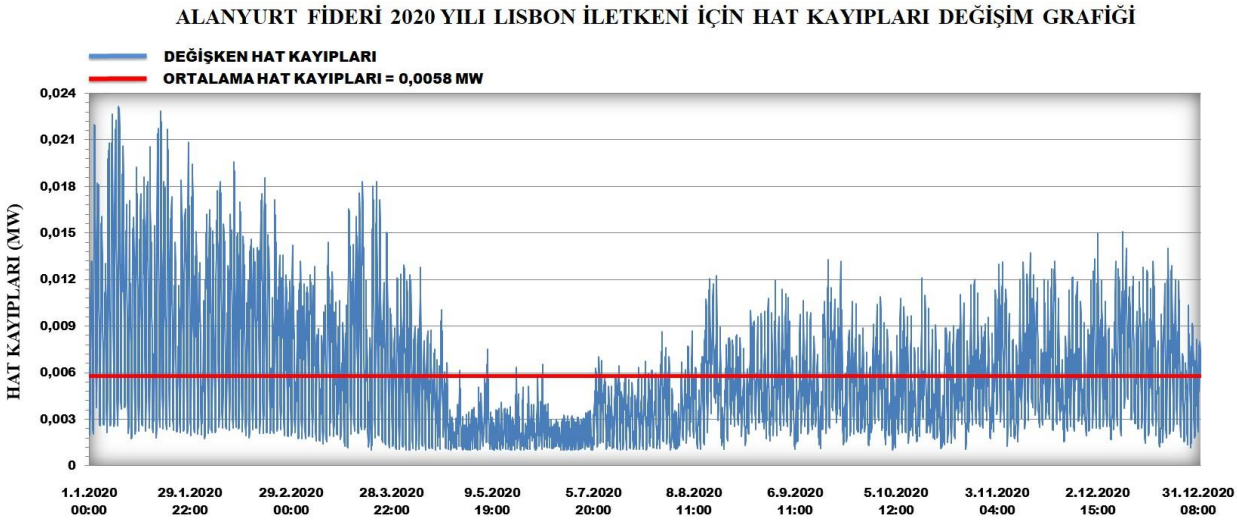

**Şekil 4-56: Alanyurt Fideri 2020Yılı Lisbon İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği**

Şekil 4-56' de Alanyurt Fideri için 2020 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan gerilim düşümü değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama gerilim düşümü %9,74 olarak tespit edilmiştir.



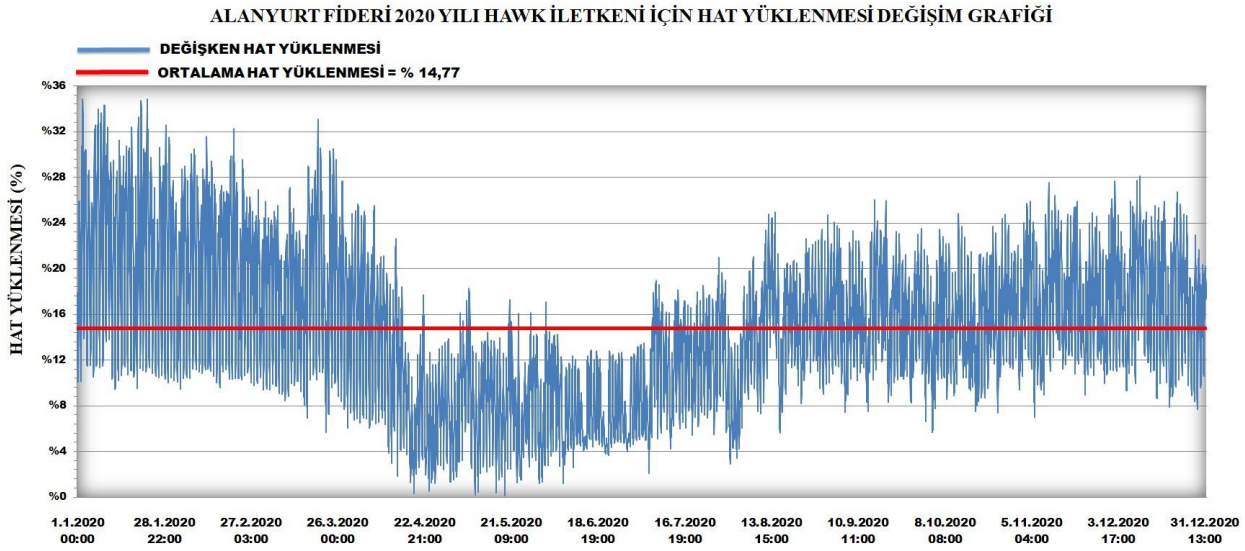

**Şekil 4-57: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Hawk İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği**

Şekil 4-57' de Alanyurt Fideri için 2020 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan hat kayıpları değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat kaybı 0,007 MW olarak görülmüştür.



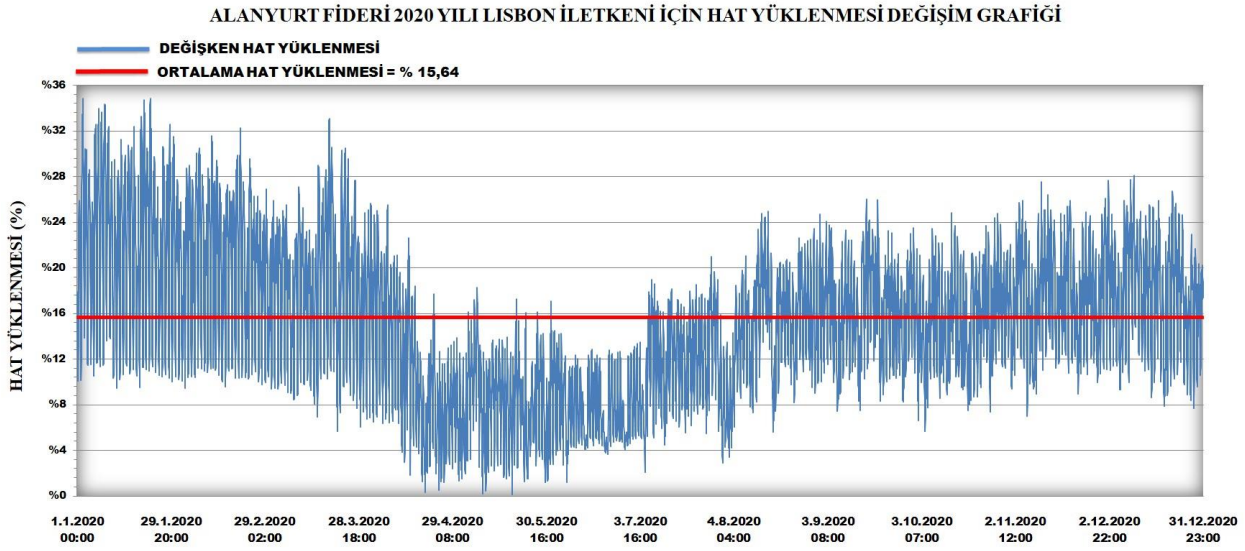

**Şekil 4-58: Alanyurt Fideri 2020Yılı Lisbon İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği**

Şekil 4-58' de Alanyurt Fideri için 2020 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan hat kayıpları değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat kaybı 0,0058 MW olarak ölçülmüştür.




**Şekil 4-59: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Hawk İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği**

Şekil 4-59' de Alanyurt Fideri için 2020 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan hat yüklenmesi değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat yüklenmesi değerinin %14,77 olduğu gözlenmiştir.



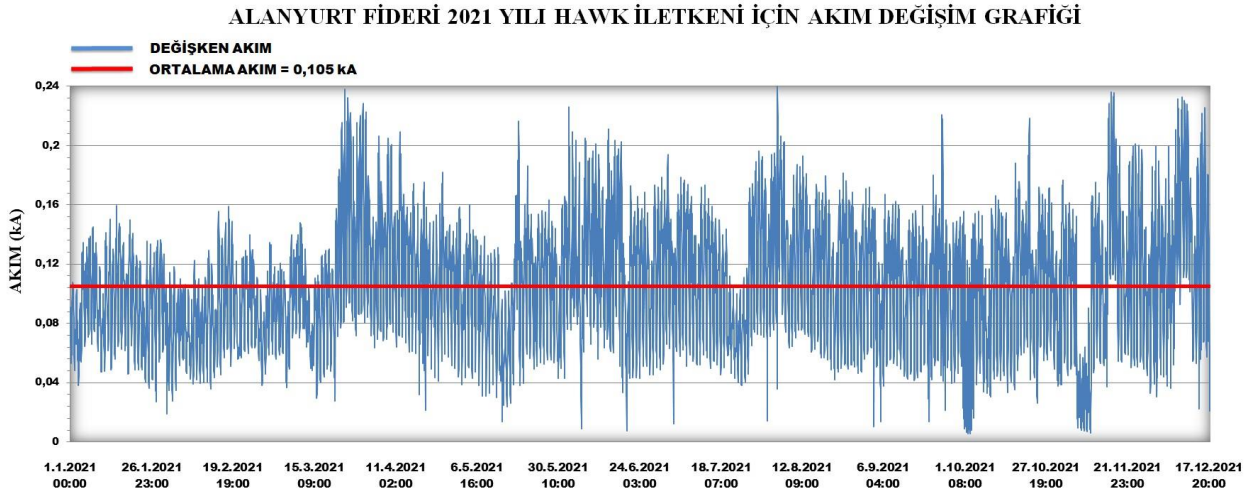

**Şekil 4-60: Alanyurt Fideri 2020 Yılı Lisbon İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği**

Şekil 4-60' da Alanyurt Fideri için 2020 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan hat yüklenmesi değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat yüklenmesi %15,64 olarak gözlemlenmiştir.

2020 yılı için grafiklerden elde edilen değerler, karşılaştırmalı analiz yapılabilmesi açısından Tablo 4-5' de özet halde sunulmuştur.

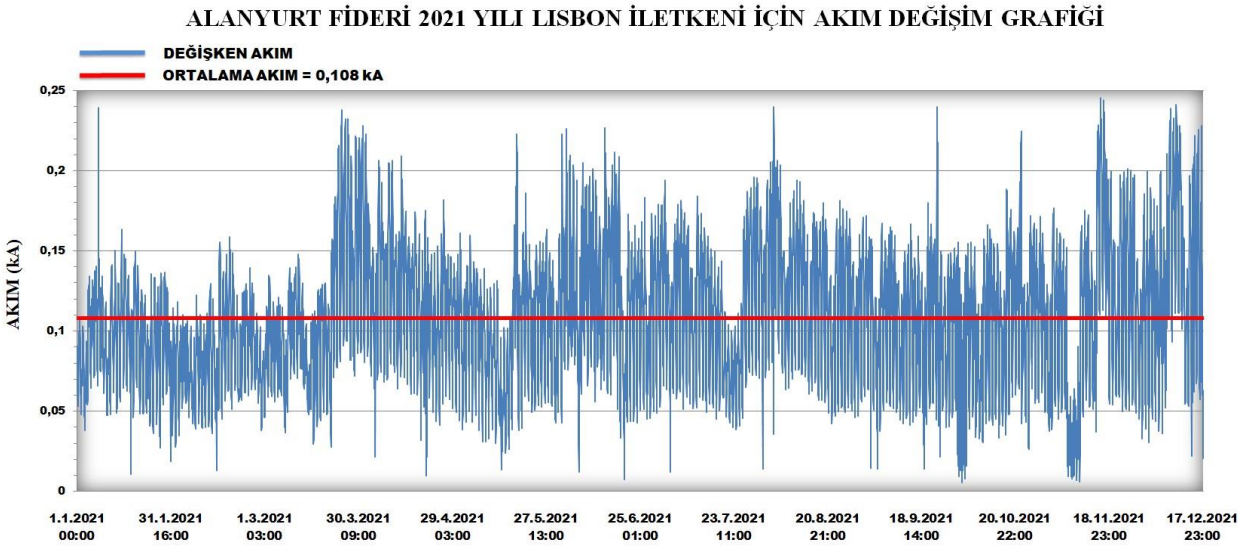
**Tablo 4-5: Alanyurt Fideri 2020 yılı Hat Parametreleri**

| İLETKEN CİNSİ | Hawk | Lisbon |
|---|---|---|
| **Akım (kA)** | 0,084 | 0,092 |
| **Aktif Güç (MW)** | 4,38 | 5,03 |
| **Reaktif Güç (MVAr)** | 0,245 | 0,261 |
| **Gerilim Düşümü (%)** | 10,82 | 9,74 |
| **Hat Kayıpları (MW)** | 0,007 | 0,0058 |
| **Hat Yüklenmesi (%)** | 14,77 | 15,64 |



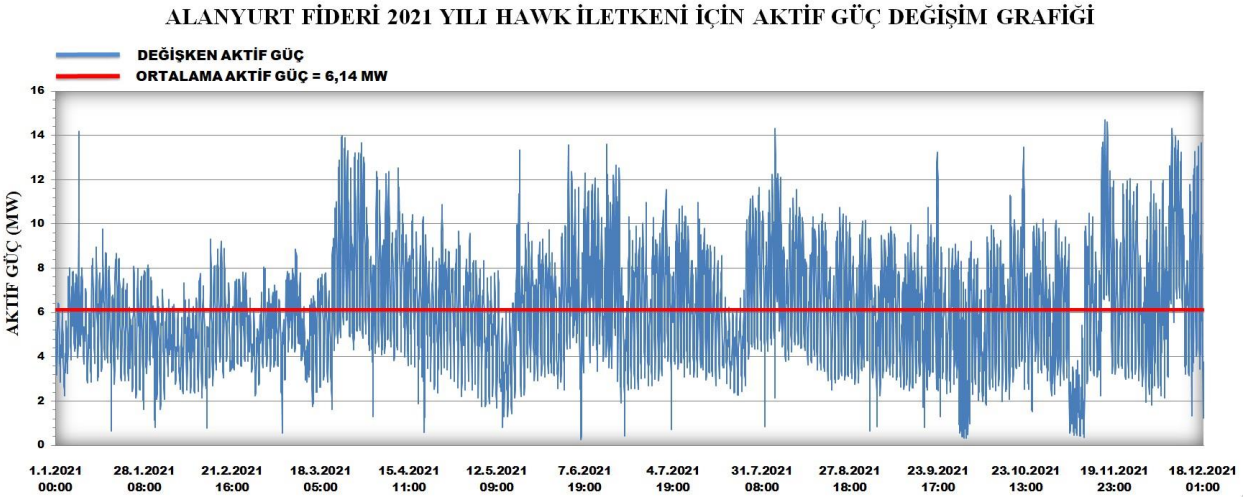

**Şekil 4-61: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Hawk İletkeni için Akım Değişim Grafiği**

Şekil 4-61' de Alanyurt Fideri için 2021 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinden geçen akıma ait değişim grafiği verilmiştir. Grafik incelendiğinde, ortalama akım değerinin 0,105 kA olduğu gözlemlenmiştir.



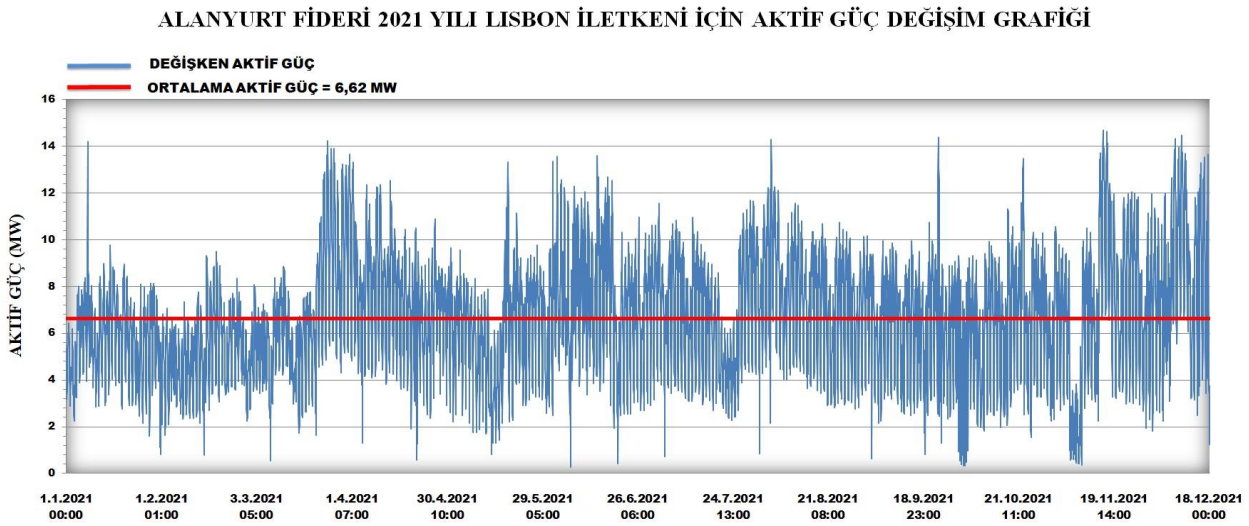

**Şekil 4-62: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Lisbon İletkeni için Akım Değişim Grafiği**

Şekil 4-62' de Alanyurt Fideri için 2021 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinden geçen akıma ait değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,108 kA akım geçtiği tespit edilmiştir.



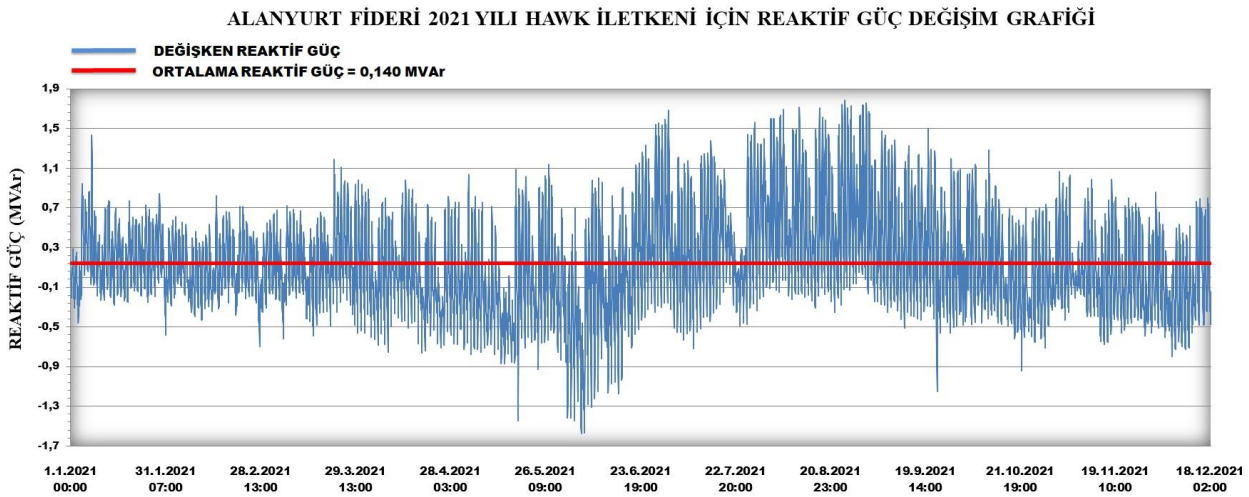

**Şekil 4-63: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Hawk İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-63' de Alanyurt Fideri için 2021 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan aktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Ortalama 6,14 MW güç değeri ölçülmüştür.



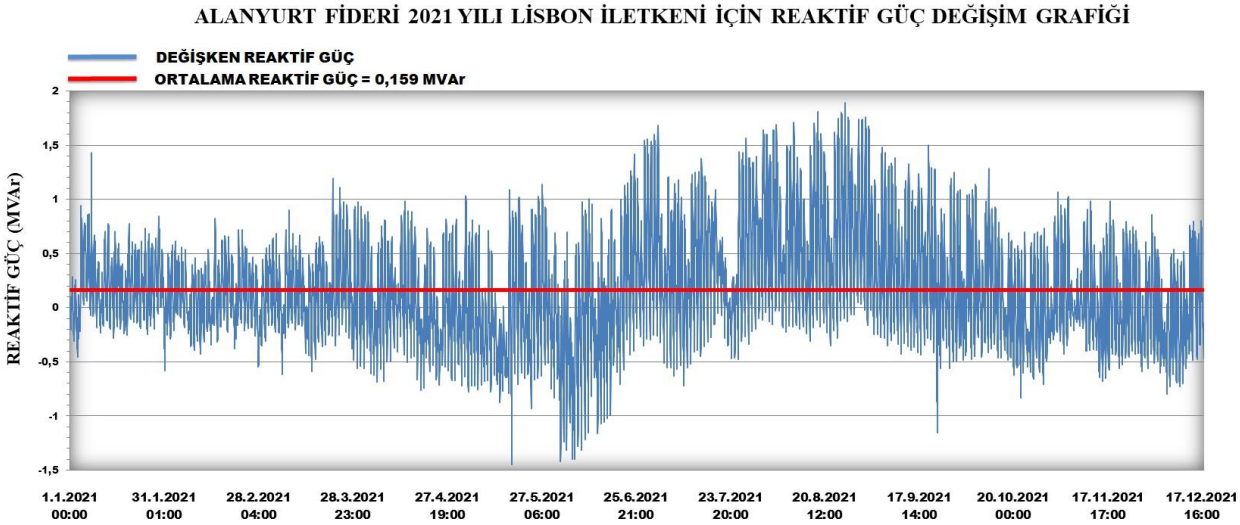

**Şekil 4-64: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Lisbon İletkeni için Aktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-64' de Alanyurt Fideri için 2021 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan aktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 6,62 MW güç oluştuğu görülmüştür.



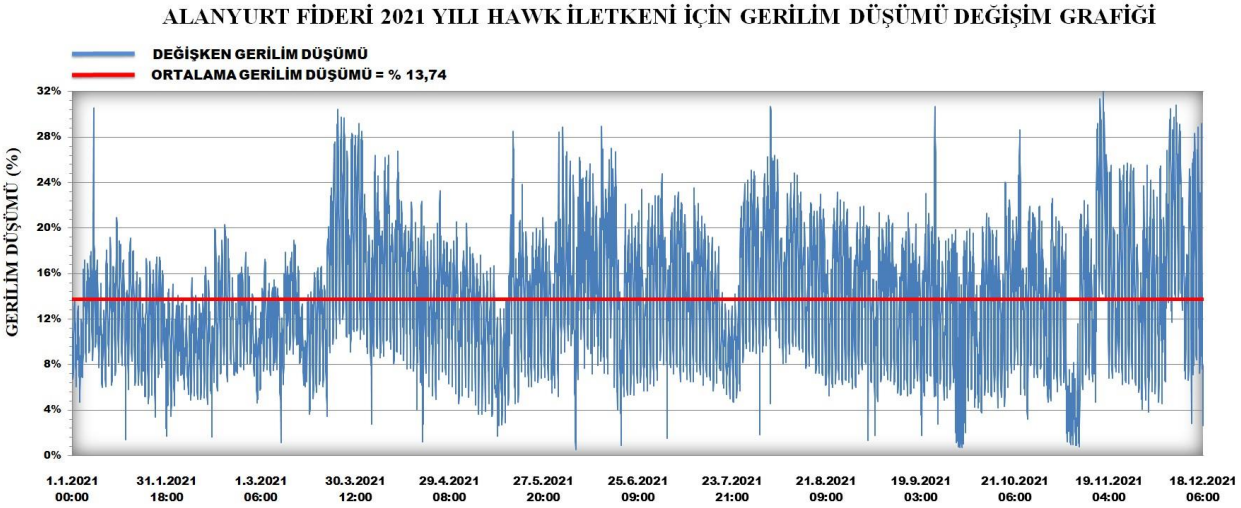

**Şekil 4-65: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Hawk İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-65' de Alanyurt Fideri için 2021 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan reaktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,140 MVAr reaktif güç oluştuğu tespit edilmiştir.



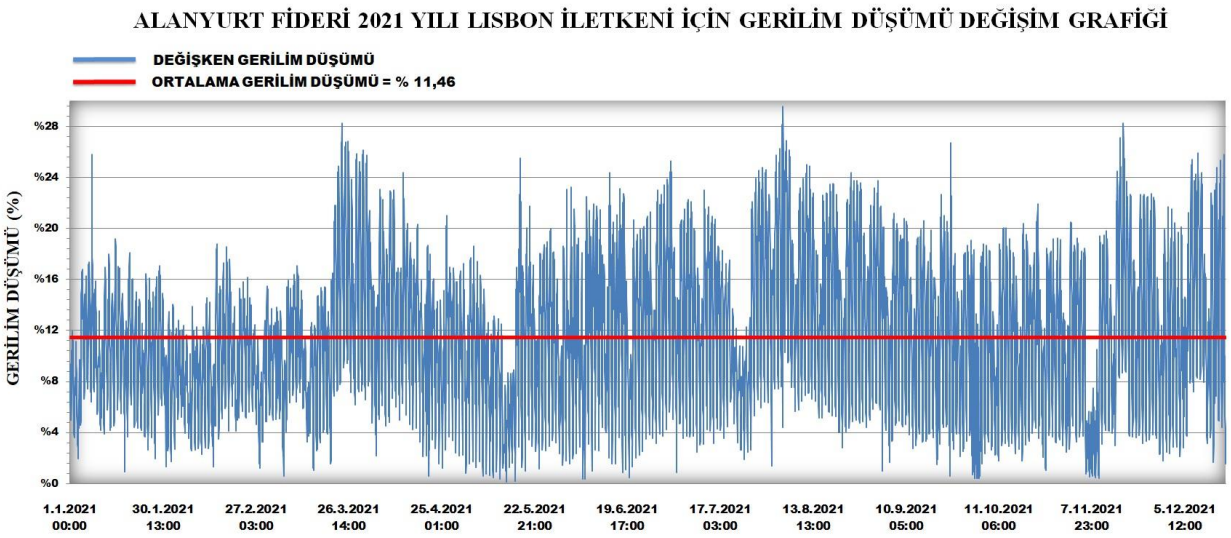

**Şekil 4-66: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Lisbon İletkeni için Reaktif Güç Değişim Grafiği**

Şekil 4-66' da Alanyurt Fideri için 2021 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan reaktif gücün değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama 0,159 MVAr reaktif güç oluştuğu görülmüştür.



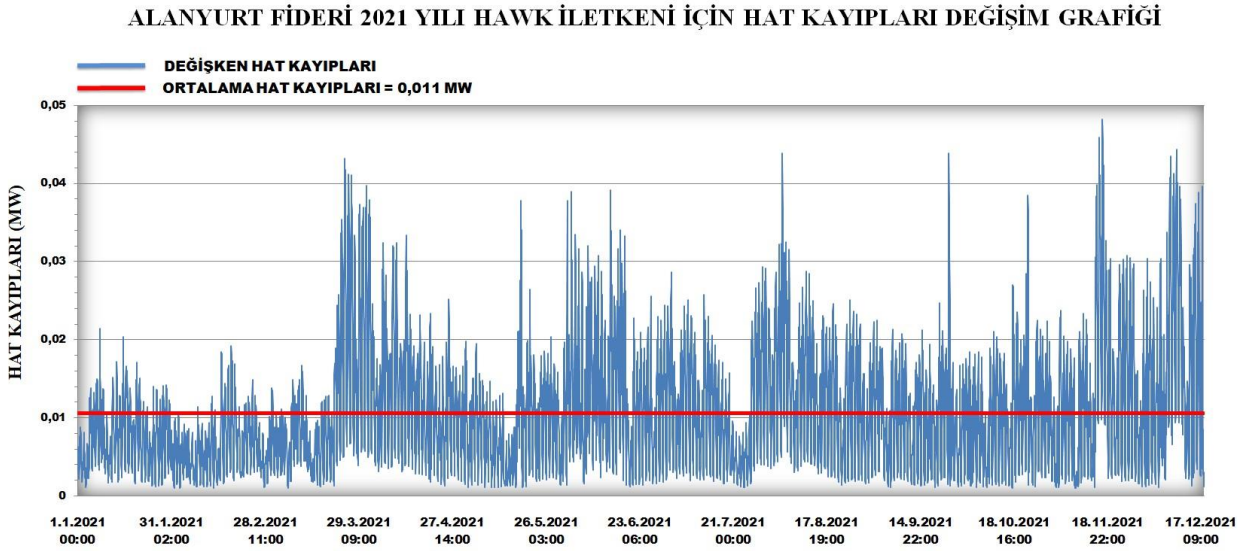

**Şekil 4-67: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Hawk İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği**

Şekil 4-67' de Alanyurt Fideri için 2021 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan gerilim düşümü değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama gerilim düşümü %13,74 olarak gözlemlenmiştir.



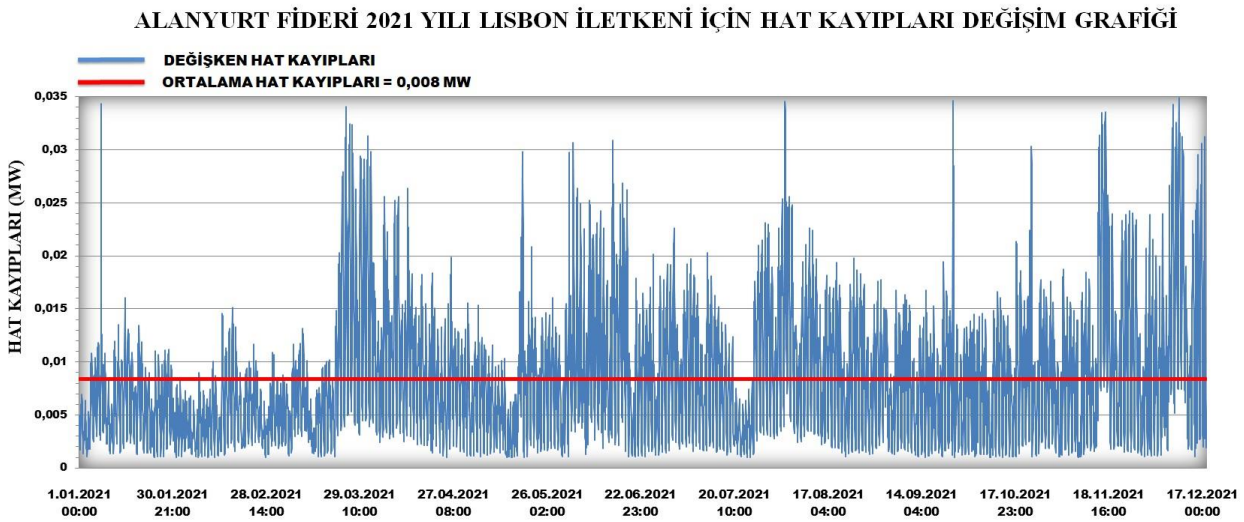

**Şekil 4-68: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Lisbon İletkeni için Gerilim Düşümü Değişim Grafiği**

Şekil 4-68' de Alanyurt Fideri için 2021 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan gerilim düşümü değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama gerilim düşümü %11,46 olarak tespit edilmiştir.



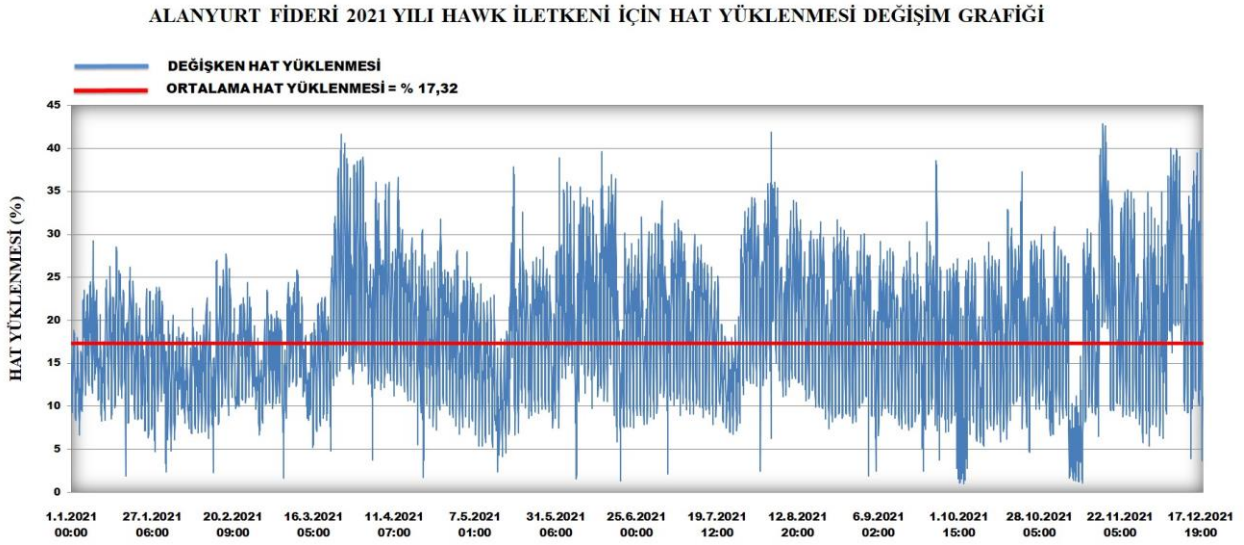

**Şekil 4-69: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Hawk İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği**

Şekil 4-69' da Alanyurt Fideri için 2021 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan hat kayıpları değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat kaybı 0,011 MW olarak gözlemlenmiştir.



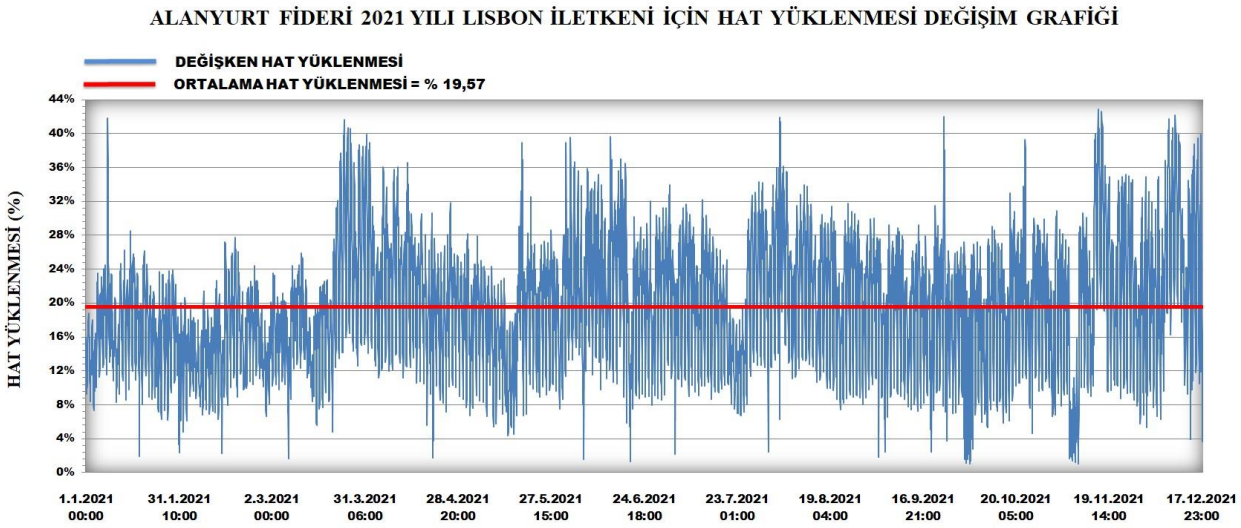

**Şekil 4-70: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Lisbon İletkeni için Hat kayıpları Değişim Grafiği**

Şekil 4-70' de Alanyurt Fideri için 2021 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan hat kayıpları değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat kaybı 0,008 MW olarak ölçülmüştür.




**Şekil 4-71: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Hawk İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği**

Şekil 4-71' de Alanyurt Fideri için 2021 yılı içerisinde Hawk iletkeni üzerinde oluşan hat yüklenmesi değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat yüklenmesi değerinin %17,32 olduğu gözlenmiştir.




**Şekil 4-72: Alanyurt Fideri 2021 Yılı Lisbon İletkeni için Hat Yüklenmesi Değişim Grafiği**

Şekil 4-72' de Alanyurt Fideri için 2021 yılı içerisinde Lisbon iletkeni üzerinde oluşan hat yüklenmesi değişim grafiği verilmiştir. Yıl boyunca ortalama hat yüklenmesi %19,57 olarak tespit edilmiştir.

2021 yılı için grafiklerden elde edilen değerler, karşılaştırmalı analiz yapılabilmesi açısından Tablo 4-6' da özet halde sunulmuştur.

**Tablo 4-6: Alanyurt Fideri 2021 yılı Hat Parametreleri**

| İLETKEN CİNSİ | Hawk | Lisbon |
|---|---|---|
| **Akım (kA)** | 0,105 | 0,108 |
| **Aktif Güç (MW)** | 6,14 | 6,62 |
| **Reaktif Güç (MVAr)** | 0,140 | 0,159 |
| **Gerilim Düşümü (%)** | 13,74 | 11,46 |
| **Hat Kayıpları (MW)** | 0,011 | 0,008 |
| **Hat Yüklenmesi (%)** | 17,32 | 19,57 |

Bu bölümde Alanyurt Fideri için verilen grafikler ve tablolar üzerinden analiz yapıldığında modern iletken yapısı olan Lisbon iletkenin üstünlükleri anlaşılır biçimde gözükmektedir. Aynı analiz hesapları Köyler Fideri için de yapılmış olup oluşturulan grafikler bölüm 7 deki ekler kısmında sunulmaktadır. Çıkan sonuçların kolay ve anlaşılır bir biçimde ifade edilebilmesi adına 2017-2021 yılları arasındaki hat parametre değerleri Tablo 4-7' de toplu halde belirtilmiştir.

**Tablo 4-7: Köyler Fideri 2017-2021 Yılları Arası Hat Parametre Değerleri**

| Yıllar | İletken Cinsi | Akım (kA) | Aktif Güç (MW) | Reaktif Güç (MVAr) | Gerilim Düşümü (%) | Hat Kayıpları (MW) | Hat Yüklenmesi (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2017 | Hawk | 0,041 | 2,83 | -0,061 | 5,51 | 0,002 | 7,35 |
| | Lisbon | 0,047 | 2,94 | -0,054 | 4,69 | 0,0017 | 7,53 |
| 2018 | Hawk | 0,049 | 2,91 | -0,212 | 6,52 | 0,0027 | 8,36 |
| | Lisbon | 0,055 | 3,23 | -0,169 | 5,03 | 0,0019 | 9,18 |
| 2019-1 | Hawk | 0,023 | 1,076 | -0,724 | 3,4 | 0,00055 | 3,99 |
| | Lisbon | 0,031 | 1,226 | -0,674 | 2,52 | 0,00044 | 4,36 |
| 2019-2 | Hawk | 0,048 | 2,849 | -0,409 | 6,32 | 0,0027 | 8,58 |
| | Lisbon | 0,056 | 2,931 | -0,365 | 4,07 | 0,0017 | 9,05 |
| 2020 | Hawk | 0,057 | 3,82 | -0,339 | 7,5 | 0,0037 | 10,24 |
| | Lisbon | 0,063 | 4,26 | -0,298 | 4,9 | 0,003 | 11,04 |
| 2021 | Hawk | 0,058 | 3,81 | -0,379 | 8,41 | 0,0059 | 17,64 |
| | Lisbon | 0,066 | 4,19 | -0,354 | 5,88 | 0,0047 | 19,57 |

Alanyurt ve Köyler Fiderlerine ait 2017 ile 2021 yılları arası elde edilen veriler ışığında hat parametreleri incelendiğinde Lisbon iletkenin Hawk iletkene göre avantajlı olduğu açıkça görülmektedir.

# 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektrik iletiminde meydana gelen kayıplar enerji verimliliğini doğrudan etkileyen unsurlar arasındadır. Bu kayıpların önemli bir kısmı iletken yapısından kaynaklı teknik hat kayıplarıdır. Bu çalışma ile iletim hatlarındaki kayıpların azaltılması açısından hat bileşenlerinin optimum şekilde seçilmesine katkı sunulmuş ve gerçek bir uygulama üzerinde tespiti yapılarak önemli sonuçlar çıkarılmıştır.

Türkiye' de ilk defa pilot bölge olarak Bursa İli İnegöl İlçesi sınırları içerisinde bulunan İNEGÖL TM' den çıkış alan, Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş. sorumluluğundaki ALANYURT ve KÖYLER Fiderleri' nin mevcut ACSR Hawk İletkenden yeni ACCC Lisbon İletkene dönüştürülmesi projesi başarıyla tamamlanmıştır. Bu hatlara ait 2017 ile 2021 yıllarını kapsayacak şekilde 5 yıllık ölçüm değerleri kullanılarak iki farklı iletkenin davranışları analiz edilmiş, aralarında kıyaslama yapılabilmesi açısından değerler tablolar halinde sunulmuştur.

Analiz sonuçlarına göre tablolarda belirtilen parametrelerden biri olan Gerilim düşümü için iki ayrı fideri de içeren tüm yılların ortalaması alındığında Hawk iletken üzerinde %10, Lisbon iletkenin de ise %8 civarında gerilim düşümü olduğu görülmüştür. Hawk iletken ile karşılaştırma yapıldığında Lisbon iletken kullanımı sonrası %20 oranında bir iyileşme görülmektedir.

Benzer şekilde Hat kayıpları için 5 yıllık ortalama değerler göz önünde bulundurulduğunda ACCC çeşidi olan Lisbon iletkenin ACSR tipindeki Hawk iletkene göre %23 oranında daha az kayıpla enerji taşıdığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada dikkat edilmesi gereken en önemli husus, incelenen iki fiderin de yaklaşık olarak 2 kilometre uzunluğa sahip olmasıdır. Analiz sonuçları kısa mesafeli bir hat için değerlendirilmiş olup hat uzunluğunun artması ile elde edilecek verimin de daha üst seviyelere çıkacağı öngörülmektedir

Bunun dışında yapılan diğer analizlerin sonuçlarına bakıldığında ACCC iletkenlerin birçok açıdan konvansiyonel havai hat iletkenlerinden (ACSR) daha üstün olduğu görülmüştür. Belirtilen özelliklerine rağmen, mevcut bir iletim/dağıtım hattının enerji kapasitesinin arttırılması düşünüldüğünde, yalnızca bu parametreleri dikkate almak yeterli olmamaktır.

ACCC iletkenler, yapıları ve tasarımları itibariyle her ne kadar ACSR iletkenlerden üstün olsalar da, maliyetleri ACSR iletkenlerin birkaç katından fazla olmaktadır. Bu nedenle, kapasitesi arttırılması planlanan bir dağıtım veya iletim hattının iletken seçim kriteri için sadece teknik değil ekonomik parametreler de dikkate alınmalıdır. Sonuç olarak, uygulama aşamasına

geçmeden önce elektriksel ve mekaniksel değerlendirmeler ile birlikte maliyet, arz güvenilirliği, servis hizmeti ve sistem ömrü gibi parametrelerin de detaylı olarak analiz edilmesi önem arz etmektedir.

Bu tez kapsamında; modern iletken yapılarının örnek bir uygulama üzerindeki elektriksel parametreleri incelenerek analizi gerçekleştirilmiştir. Modern iletkenler ile ilgili araştırma ve uygulama içeriğinin geniş bir yelpazeye sahip olması sebebiyle bu alanda çalışma yapmayı düşünen araştırmacılar için referans olacak birkaç konu başlığı önerilmektedir.

- Çok fazla çeşitliliğine sahip modern iletken yapılarından biri olan kompozit özlü alüminyum iletkenler (ACCC) bu çalışmada incelenmiş olup farklı kesit ve yapıdaki diğer modern iletkenlerde madde yapısı, elektrik ile mekanik yönden labaratuvar ve saha testleri konularını içeren araştırmalar yapılabilmektedir.
- Havai hatlar tesis edilirken dikkat edilen önemli hususlardan biri de hattın sehimidir. Bir iletim hattının sehimi, ortam sıcaklığı, yük akımı, direkler arası açıklık, iletken ağırlığı ve başlangıç gerilimi parametrelerine bağlıdır. Hattın sehiminin standart ve/veya yönetmeliklerde belirtilen değerlerden fazla olmaması istenmektedir. ACCC iletkenler, düşük genleşme katsayısına sahip oldukları için ACSR iletkenlere kıyasla daha düşük sehime sahiptirler. Buna karşın, kompozit özün elastik yapıda olmasından dolayı özellikle buz yükünün yüksek olduğu koşullarda sehimin beklenenden daha fazla olduğu durumlarla karşılaşılabilmektedir.
- Havai hatlarda, ACCC iletken kullanımı esnasında dikkat edilmesi gereken bir diğer noktada manyetik alan şiddetindeki değişimdir. ACSR iletkenlerin ACCC iletkenler ile değiştirildiği durumlarda, iletkenin akım taşıma kapasitesinin arttığı bilinmektedir. Ancak, iletkenin akım taşıma kapasitesinin artmasıyla birlikte, hat çevresinde meydana gelen manyetik alan şiddeti değeri de artacaktır. Bu nedenle, HTLS iletkenler tesis edilmeden önce manyetik alan analizlerinin ve/veya tesis edildikten sonra manyetik alan ölçümlerin yapılması gerekmektedir.
- Tüm avantajları ve teknik üstünlüklerinin yanında ACCC iletkenlere ait maliyet değerleri ACSR iletkenlerinin maliyetlerinden yaklaşık 2-3 kat daha fazla olduğu öngörülmektedir. Bu nedenle, yeni bir hat tesis edileceği veya mevcut hat değiştirileceği zaman ekonomik analizlerin sağlıklı yapılması önem arz etmektedir.

# 6. KAYNAKLAR


[1] Kurt,M. (2001). Elektrik Şebekelerinde Güç ve Enerji Kayıplarının Azaltılması Metodları. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[2] Uyanık, G. (2020). Elektrik Dağıtım Şebekelerinde Kayıpların İncelenmesi: Kütahya Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

[3] Yunusoğlu, A. (1995). Orta Gerilim Enerji Nakil Hatları Proje. Ankara.

[4] Tayşi, N. and Arslan, Z. (2011). Enerji Nakil Hattı Direklerinin Genetik Algoritma ile Optimizasyonu. XVII. Ulusal Mekanik Kongresi, 652–658.

[5] Zhou, L., et al. (2019). Technical and economic analysis of ACCC Applied in UHV-DC power transmission lines. 4th International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid, IGBSG 2019, 169–172.

[6] Flourentzou, N., Agelidis, V. G. and Demetriades, G. D. (2009). VSC-based HVDC power transmission systems: An overview. IEEE Trans. Power Electron., 24(3),592–602.

[7] Yapıcı, H. (2013). Elektrik Dağıtım Hatlarında Güç Optimizasyonunun Gerçekleştirilmesi ve bir Elektrik Dağıtım Bölgesine Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

[8] Berjozkina, S., Sauhats,A., Bargels,V., and Vanzovichs, E. (2012). The technical and economic efficiency of using conductors with composite core in the transmission grid. 9th International Conference on the European Energy Market, EEM 12, 1–7.

[9] Osman,I., Rahman, M. A., Mahbub,A. R., and Haque,A. (2014). Benefits of optimal size conductor in transmission system. International Conference on Advances in Electrical Engineering, ICAEE 2014, 1–4.

[10] Kavanagh, T. and Armstrong, O. (2010). An evaluation of high temperature low sag conductors for uprating the 220kV transmission network in Ireland. Proc. Univ. Power Eng. Conf., 8–12.

[11] Nechitaev, R. and Khalyasmaa,A. (2021). A New Approach to Evaluating Energy Efficiency and Energy Saving for Overhead Power Transmission Lines.18th International Scientific Technical Conference Alternating Current Electric Drives, ACED 2021, 1–5.

[12] Geary, R., Condon, T., Kavanagh,T., Armstrong, O. and Doyle, J. (2012). Introduction of high temperature low sag conductors to the Irish transmission grid. CIGRE, 1–12.

[13] Kenge, A. V., Dusane, S. V. and Sarkar, J. (2016). Statistical analysis & comparison of HTLS conductor with conventional ACSR conductor. International Conference on

Electrical, Electronics, and Optimization Techniques, ICEEOT 2016, 2955–2959.

[14] Lew, J. (2020). Aluminum-Calcium Composite Conductors: The Future of America's Power Grid. IEEE MIT Undergraduate Research Technology Conference, 1–4.

[15] Ardelean, I., et al. (2011). Case study on increasing the transport capacity of 220 kV DC OHL Iernut-Baia Mare by reconductoring using LM technologies. IEEE Int. Conf. Transm. Distrib. Constr. Live Line Maintenance, ESMO, 1–7.

[16] Banerjee, K. (2014). Making the Case for High Temperature Low Sag (HTLS) Overhead Transmission Line Conductors. MsC. Thesis, Arizona State University.

[17] Zhang, B., Yang, X., Yang, W., Liu, B., Ai, W. and Ma, J. (2016). The study on the applicability of aluminum conductor carbon core in the high incidence area of galloping for transmission lines. IEEE Int. Conf. High Volt. Eng. Appl., 8–11.

[18] Mateescu, E., Marginean,D., Florea,G., Gal, S. I. A. and Matea, C. (2011). Reconductoring using HTLS conductors: Case study for a 220 kV double circuit transmission LINE in Romania. IEEE Int. Conf. Transm. Distrib. Constr. Live Line Maintenance, ESMO, 1–7.

[19] Filippone, G., Ippolito, M. G., Massaro, F. and Puccio, A. (2015). On the roadmap to supergrid in Sicily: LiDAR technology and HTLS conductors for uprating the 150 kV lines. IEEE PES Innov. Smart Grid Technol. Conf. Eur., 1–5.

[20] Dominguez, A. H., Antonio Escobar, Z. and Gallego, R. A. (2014). Transmission expansion planning considering conductor proposals with different wire size and technology. EEE PES Transm. Distrib. Conf. Expo. 1-7.

[21] Kwon, J. and Hedman, K. W. (2015). Transmission expansion planning model considering conductor thermal dynamics and high temperature low sag conductors. IET Gener. Transm. Distrib., 9(15), 2311–2318.

[22] Pierre, B. J. and Heydt,G. T. (2012). Increased ratings of overhead transmission circuits using HTLS and compact designs. North Am. Power Symp. 1-5.

[23] Netake, A. and Katti, P. K. (2015). Design Aspect of 765kV Transmission System for Capacity Enhancement. International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies pp. 1–9.

[24] Beryozkina, S. and Rtu, A. S. (2015). Research and Simulation of Overhead Power Line Uprating Using Advanced Conductors. International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University1-4.

[25] Sterlite Technologies Limited Technical Brochure. April. 2012.

[26] Hugall, A., Saha, T., Krake, P. and Bekker, R. (2012). Investigation into the implementation of silicone coatings on high voltage insulators in Queensland. IEEE Power and Energy Society General Meeting, 1–6.

[27] Chan, J., Clairmont, B., Rueger, D., Childs, D. and Karki, S. (2008). Demonstration of Advanced Conductors for Overhead Transmission Lines. Technical Report, EPRI.

[28] Beryozkina, S. (2019). Evaluation study of potential use of advanced conductors in transmission line projects. Energies, 12(5), 1-26.

[29] Türkyurt, M. (2010). Yüksek Gerilim Hatları için İzolatör Malzeme Üretimi ve Kalite Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[30] Roselli, M. A., Gimenes, A. L. V., Udaeta, M. E. M., Guardia, E. C. and de Queiroz, L. M. O. (2022). Technical loss estimation approach in power distribution systems using load model in frequency domain. Electr. Power Syst. Res., 209, 1-10.

[31] Shin, J. R., Kim, B. S., Park, J. B. and Lee, K. Y. (2007). A new optimal routing algorithm for loss minimization and voltage stability improvement in radial power systems. IEEE Trans. Power Syst., 22(2), 648–657.

[32] González-Pérez C. and Wollenberg, B. F. (2001). Analysis of massive measurement loss in large-scale power system state estimation. IEEE Trans. Power Syst., 16(4), 825–832.

[33] De Souza, R. R., Miguel, L. F. F., McClure, G., Alminhana, F. and Kaminski,J. (2020). Reliability assessment of existing transmission line towers considering mechanical model uncertainties. Eng. Struct., 237, 1-17.

[34] Cheng, J. and Shi, T. (2022). Structural optimization of transmission line tower based on improved fruit fly optimization algorithm. Comput. Electr. Eng., 103, 1-17.

[35] Aslan, Y. (2020). VHD-35 Kısmi Deşarj Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

[36] Saudeger, K. (2017). Enerji İletim Hatlarında Kullanılan Direklerdeki Gelişmeler. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[37] Kumosa, M., et al. (2011). Polymer matrix composites in high voltage transmission line applications. 18th International Conference on Composite Materials, 1-6.

[38] https://ctcglobal.com/engineering-transmission-lines-with-high-capacity-low-sag-accc-conductors/ (Erişim Tarihi: 11.07.2022)

[39] Ocak, N. (2020). ACCC Lisbon alüminyum iletkeninin teknik özelliklerini etkileyen parametrelerin araştırılması, geliştirilmesi ve ACSR Hawk konvansiyonel iletkeniyle

karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

[40] Becker, F. G. et al. (2015). Opportunities for Grid Efficiency Improvements with High-Temperature Low-Sag Conductors. Asia Clean Energy Forum, 7(1), 37–72.

[41] Colqui, J. S. L. Timaná, L. C., Caballero, P. T., Kurokawa, S. and Filho, J. P. (2022). A modified implementation of the Folded Line Equivalent transmission line model in the Alternative Transient Program. Electr. Power Syst. Res., 211, 1-12.

[42] Ozer, O., Baskonus, H. M., Bulut, H., Amirali, I. and Yel, G. (2021). A new survey to the nonlinear electrical transmission line model," Int. J. Cogn. Comput. Eng., 2, 208–214.

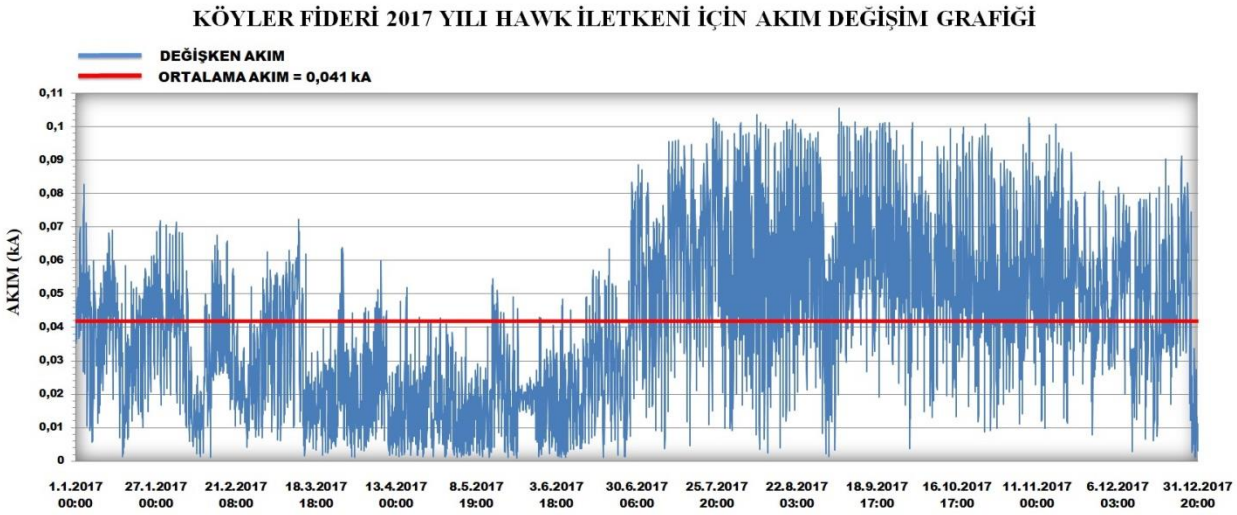
[43] Acosta, J. S. and Tavares, M. C. (2020). Multi-objective optimization of overhead transmission lines including the phase sequence optimization. Int. J. Electr. Power Energy Syst., 115, 1-12.

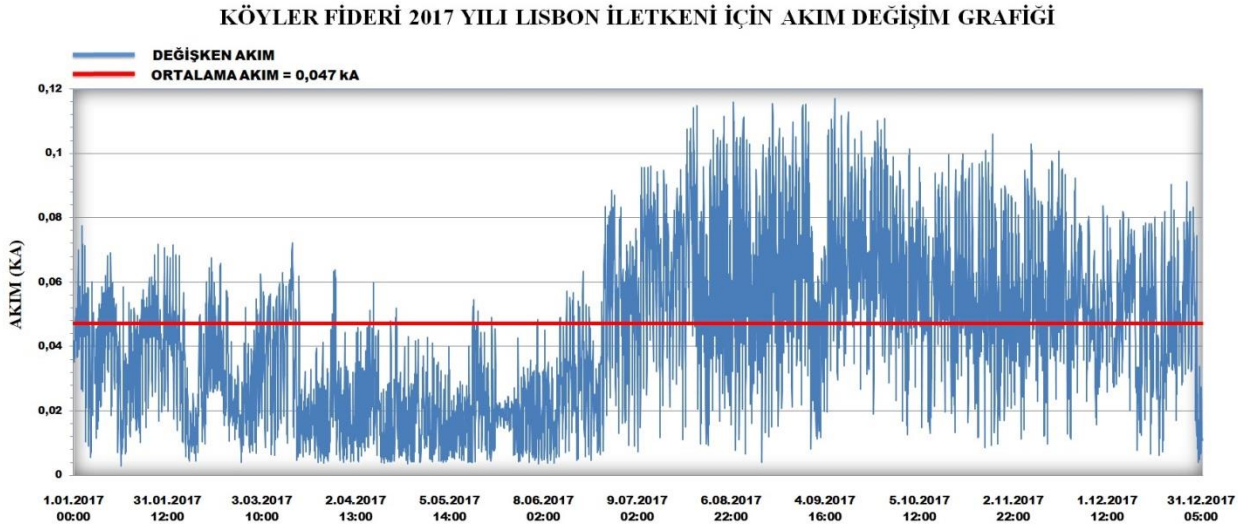
[44] Dos Reis, T. P., Elias, E. P., Coelho, V. L., Raizer, A. and Tavares, A. A. (2022) Modeling and simulation for determining the characteristic impedance of transmission and distribution line structures. Electr. Power Syst. Res., 212, 1-8.

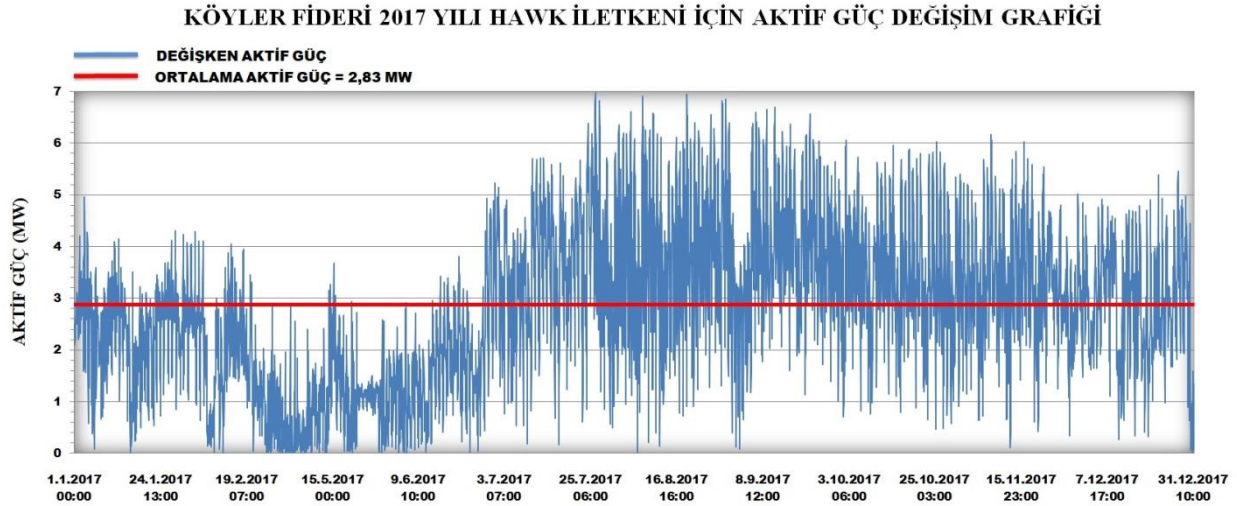
[45] Kıran, E. and Efe, S. B. (2022). Modern İletken Yapıları Kullanılarak ENH Kayıplarının Azaltılması. 3rd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences, 1390–1393.

# 7. EKLER

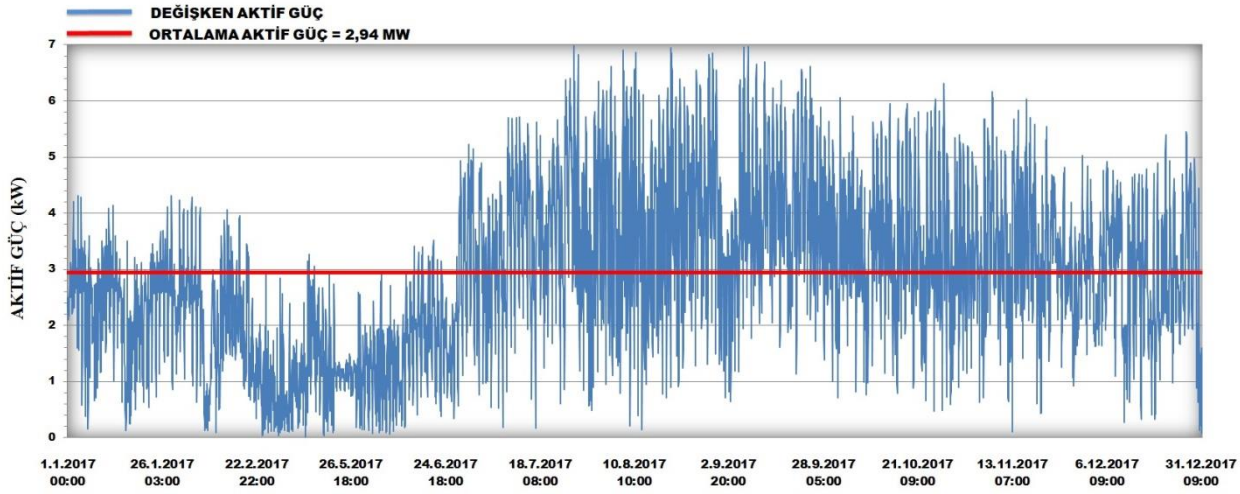
**EK-1.** Köyler Fideri 2017 Yılı Hat Parametre Grafikleri



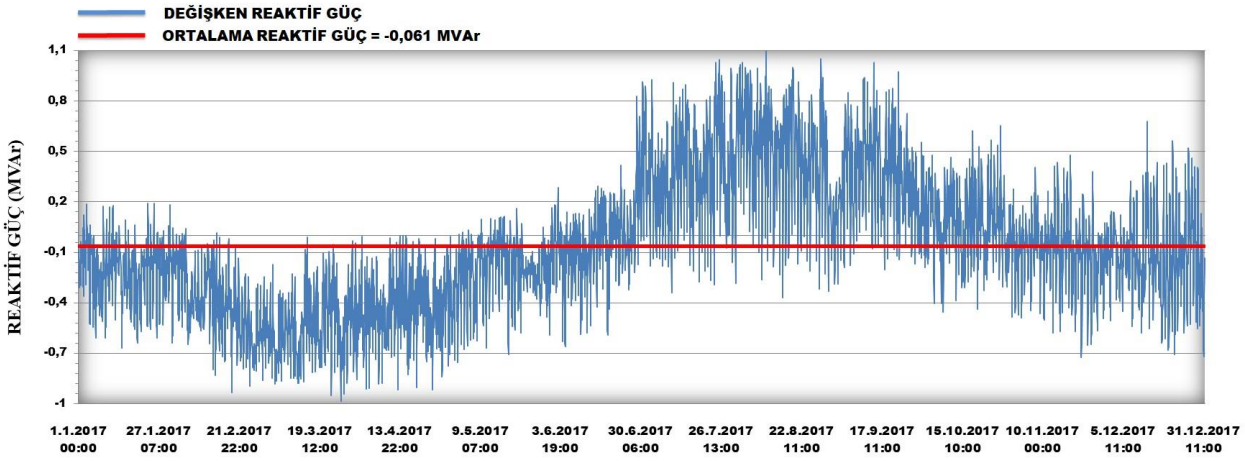



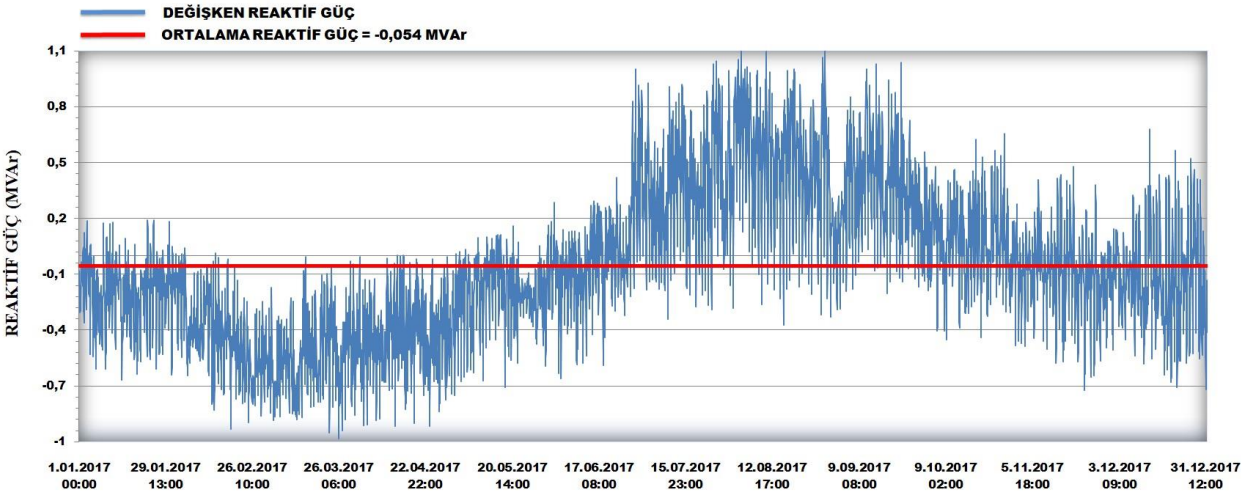
KÖYLER FİDERİ 2017 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN AKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



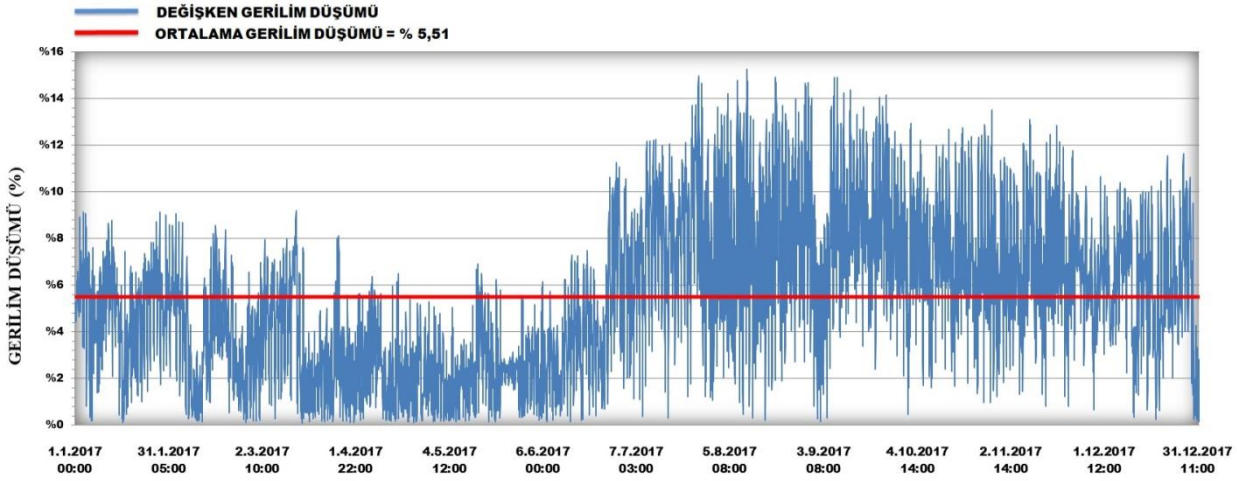

KÖYLER FİDERİ 2017 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN REAKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



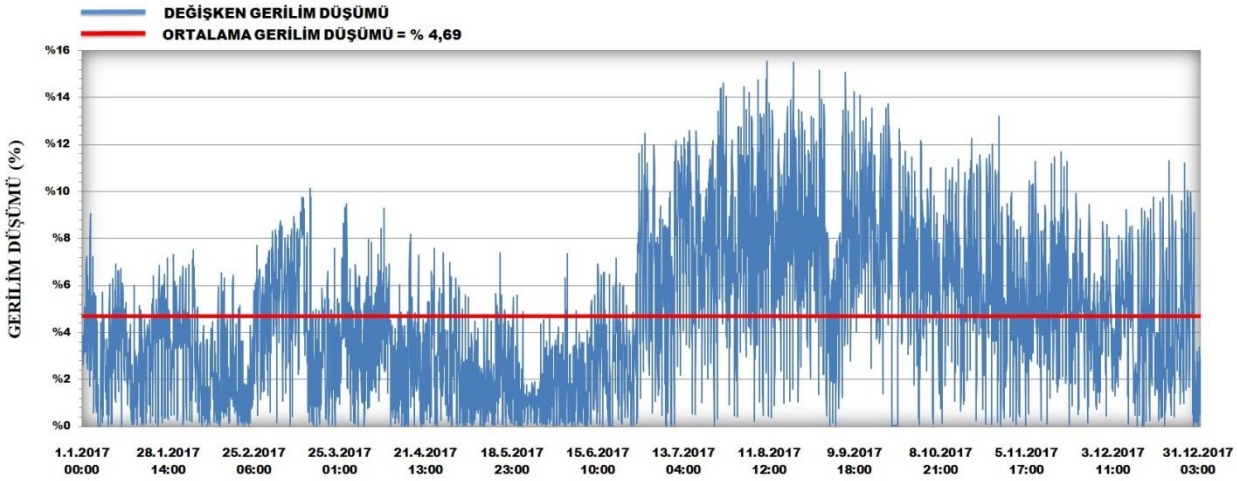

KÖYLER FİDERİ 2017 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN REAKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



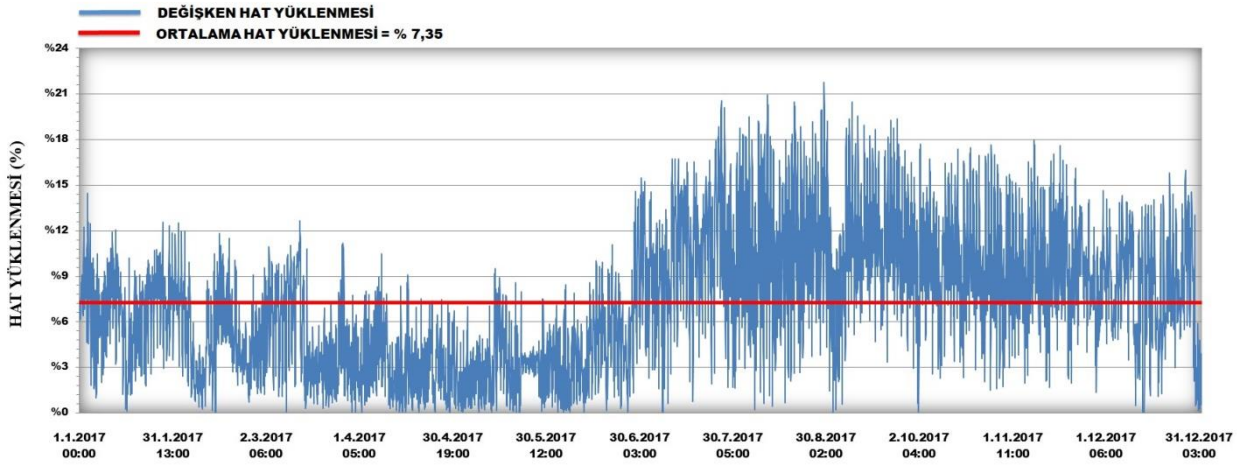
KÖYLER FİDERİ 2017 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN GERİLİM DÜŞÜMÜ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



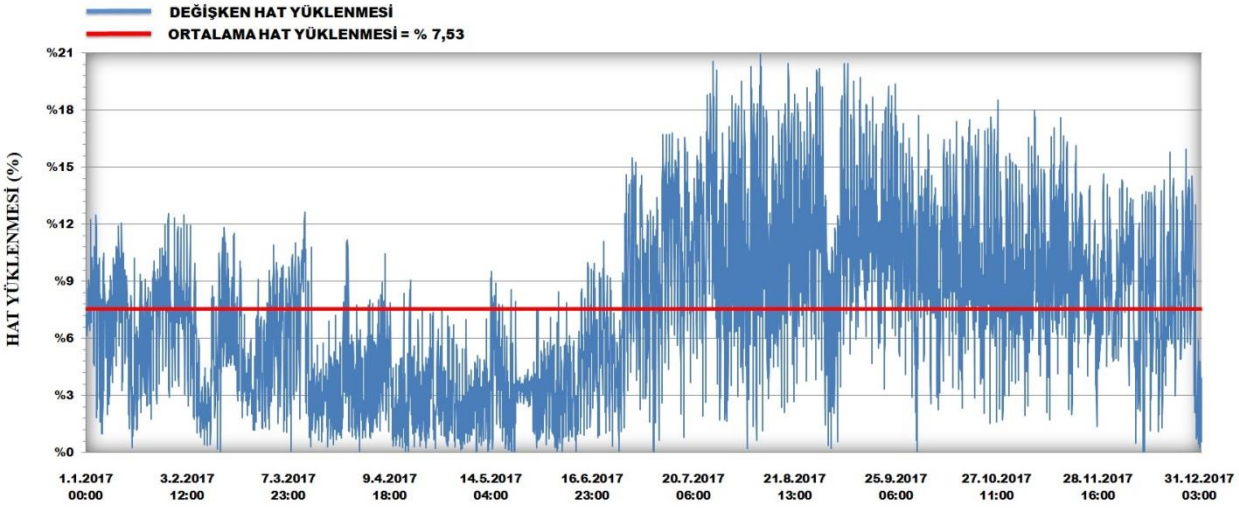

KÖYLER FİDERİ 2017 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN GERİLİM DÜŞÜMÜ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



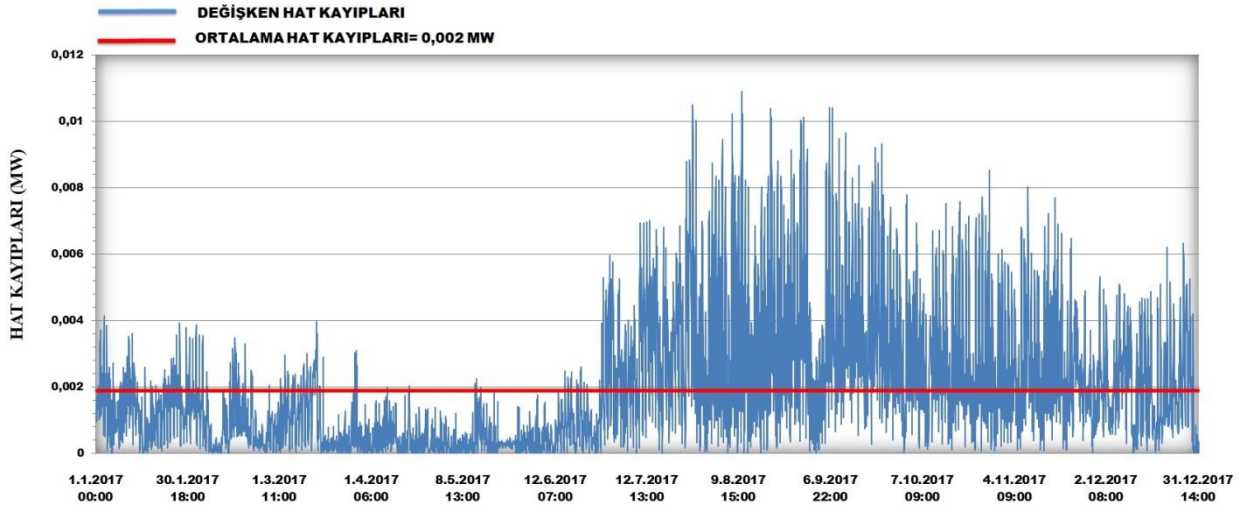

KÖYLER FİDERİ 2017 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN HAT YÜKLENMESİ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



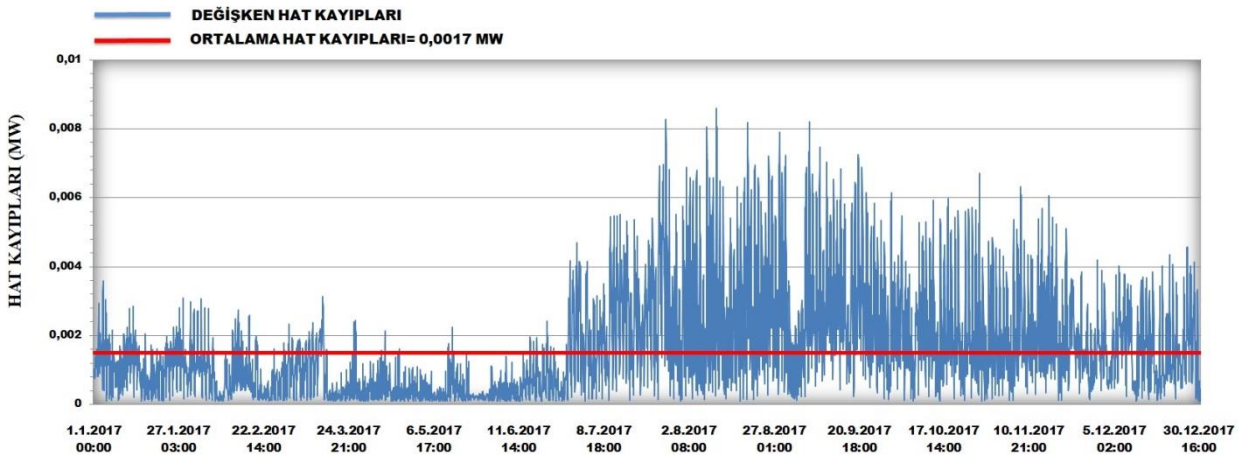
KÖYLER FİDERİ 2017 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN HAT YÜKLENMESİ DEĞİŞİM GRAFİĞİ




KÖYLER FİDERİ 2017 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN HAT KAYIPLARI DEĞİŞİM GRAFİĞİ

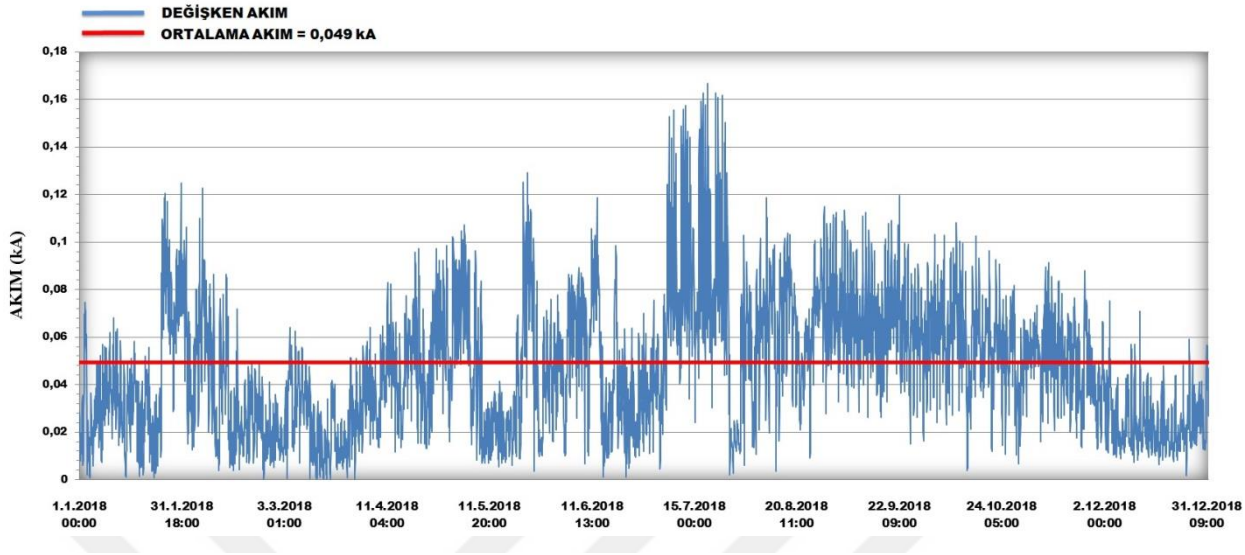



KÖYLER FİDERİ 2017 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN HAT KAYIPLARI DEĞİŞİM GRAFİĞİ

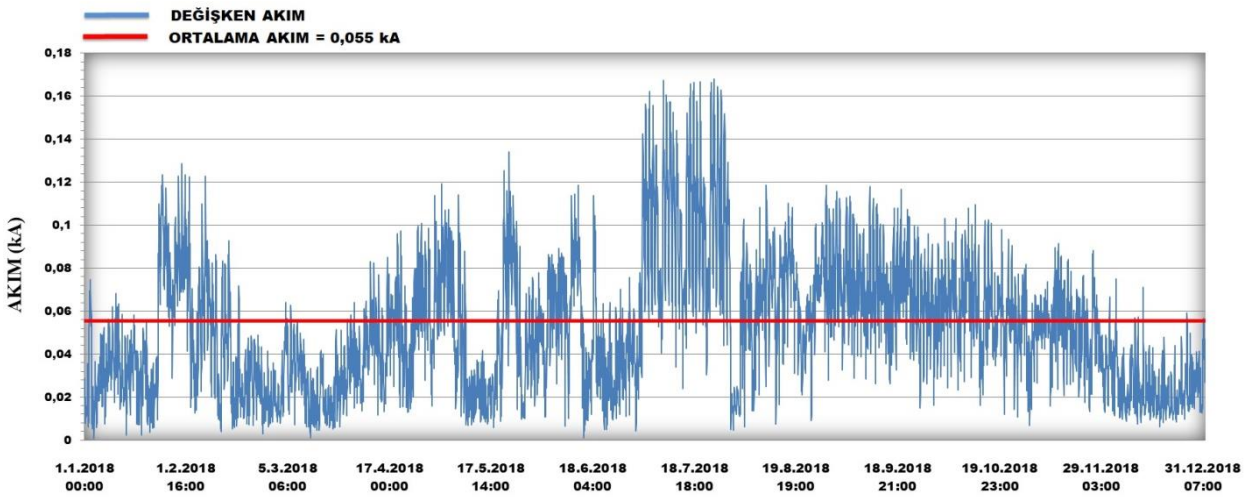


**EK-2.** Köyler Fideri 2018 Yılı Hat Parametre Grafikleri

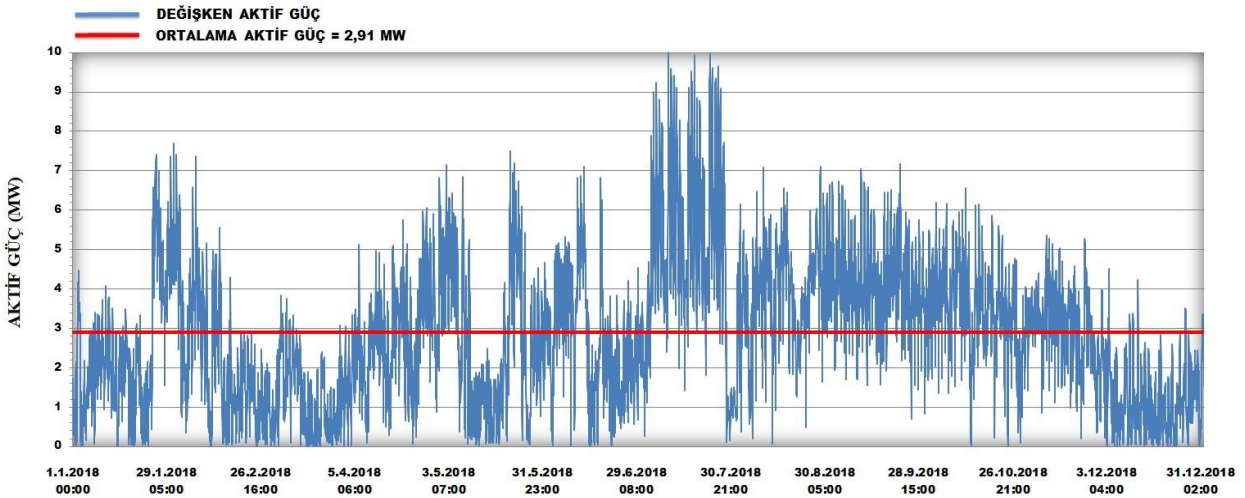
KÖYLER FİDERİ 2018 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN AKIM DEĞİŞİM GRAFİĞİ



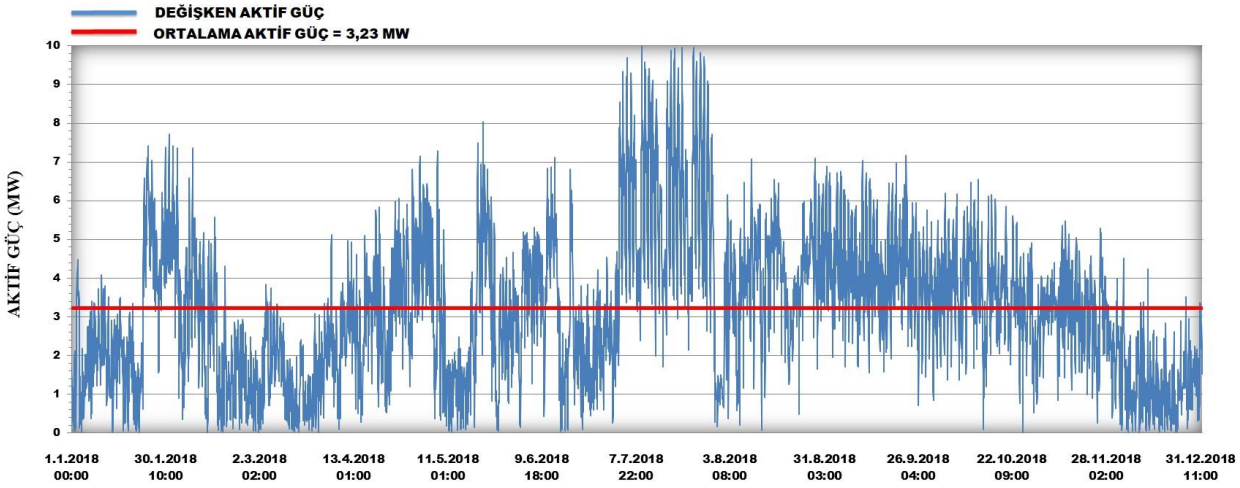

KÖYLER FİDERİ 2018 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN AKIM DEĞİŞİM GRAFİĞİ



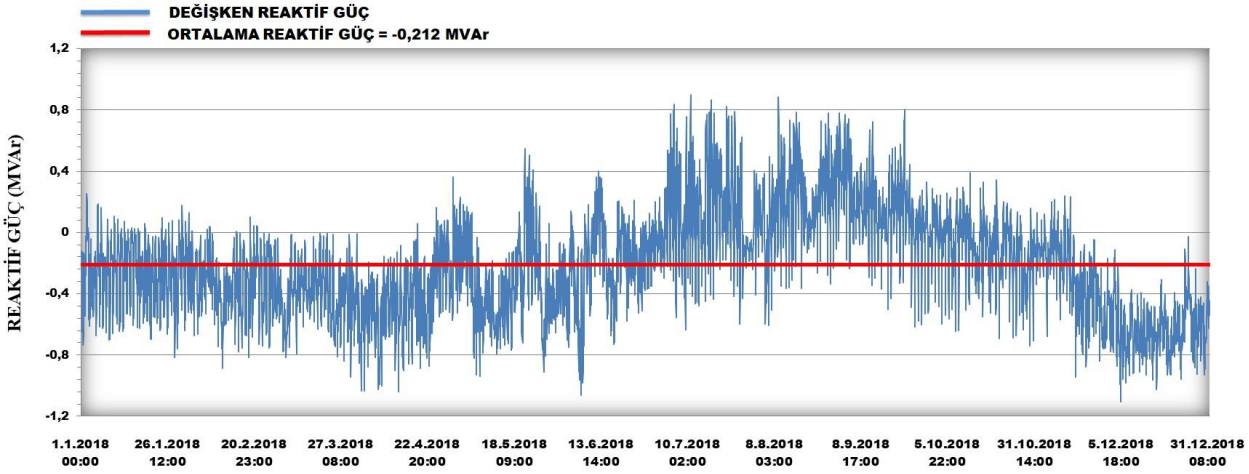

KÖYLER FİDERİ 2018 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN AKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



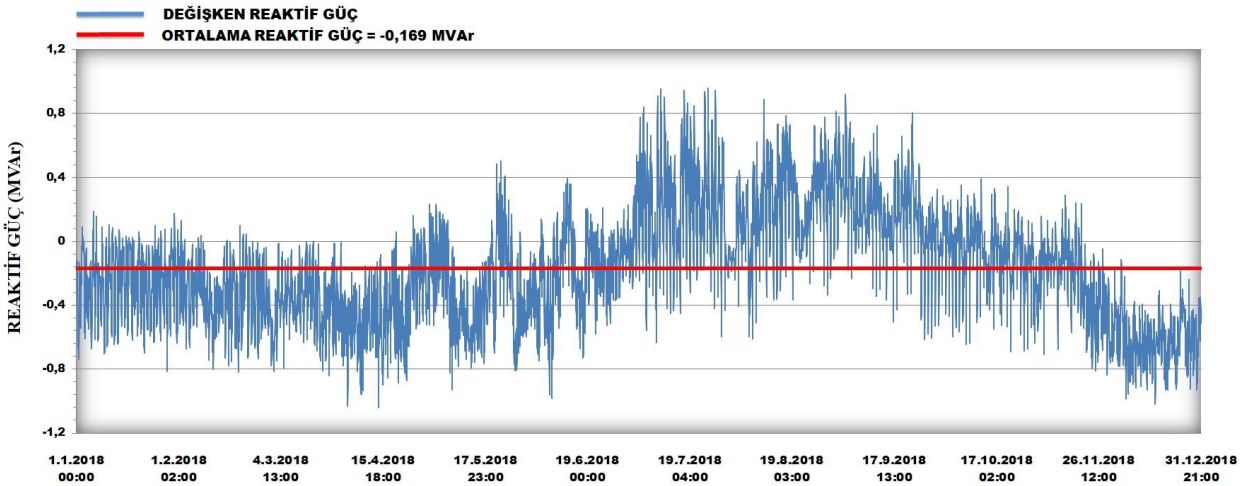
KÖYLER FİDERİ 2018 YILI LİSBON İLETKENİ İÇİN AKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



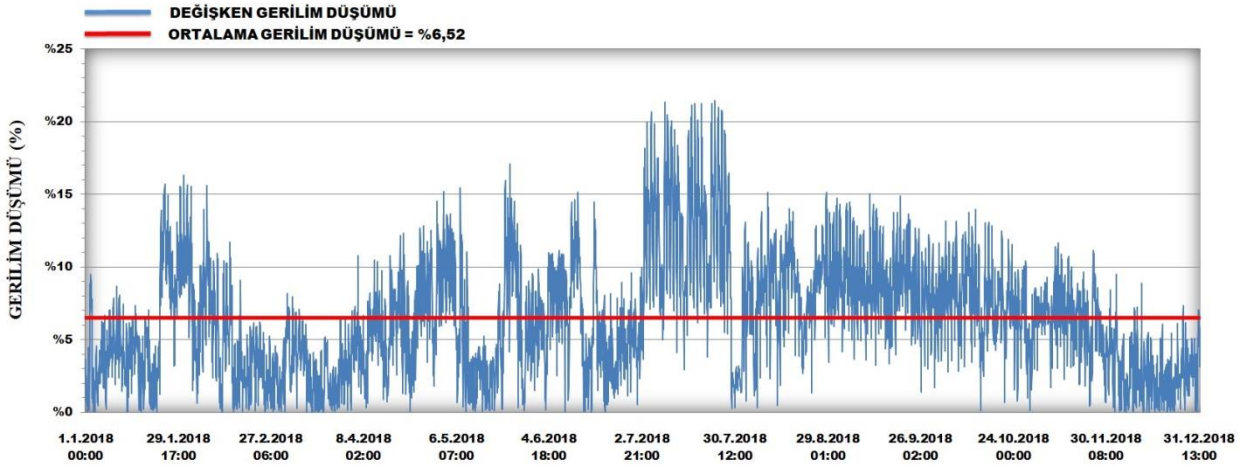

KÖYLER FİDERİ 2018 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN REAKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



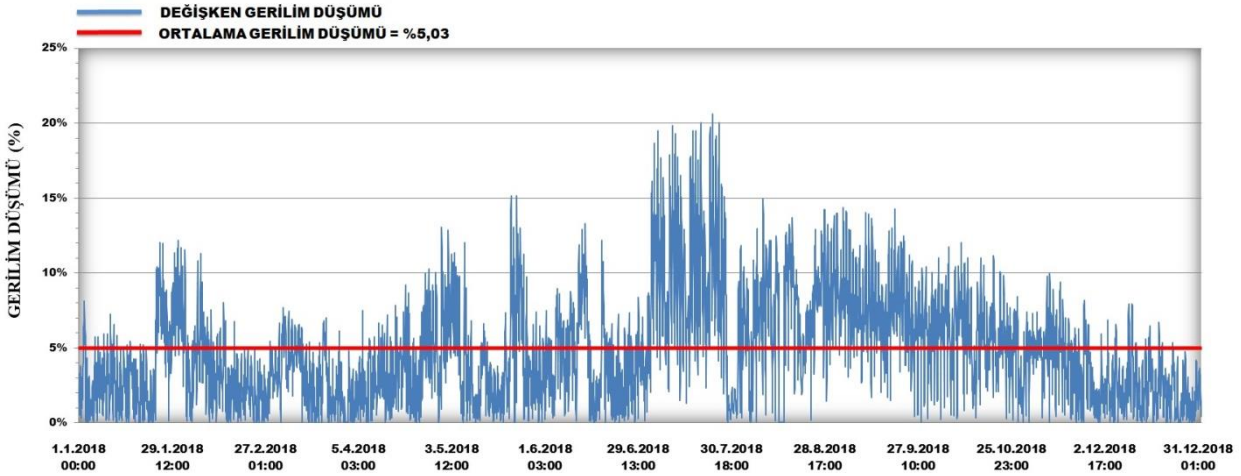

KÖYLER FİDERİ 2018 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN REAKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



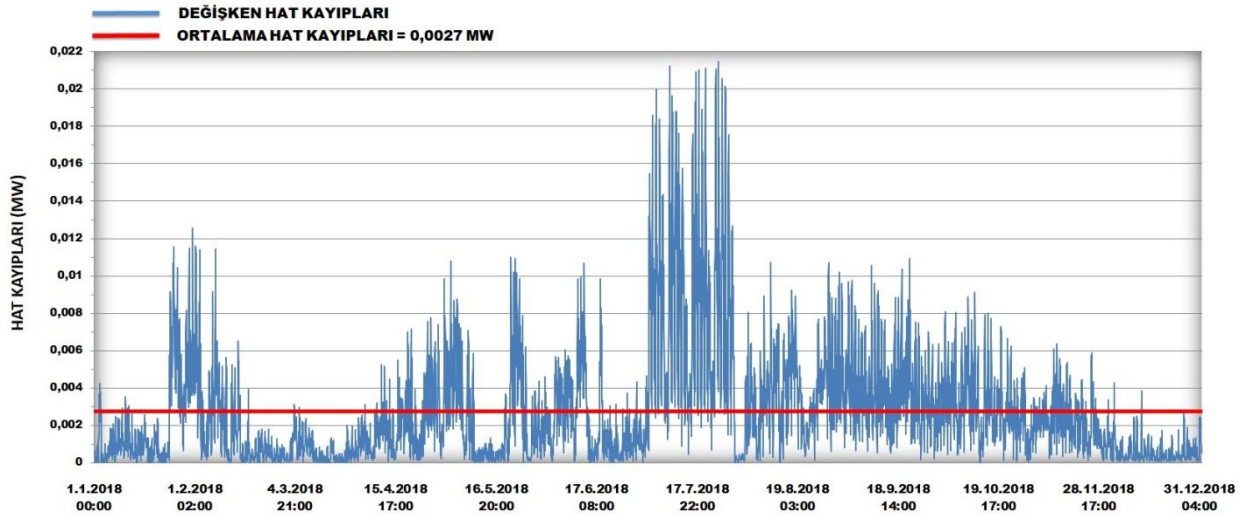
KÖYLER FİDERİ 2018 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN GERİLİM DÜŞÜMÜ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



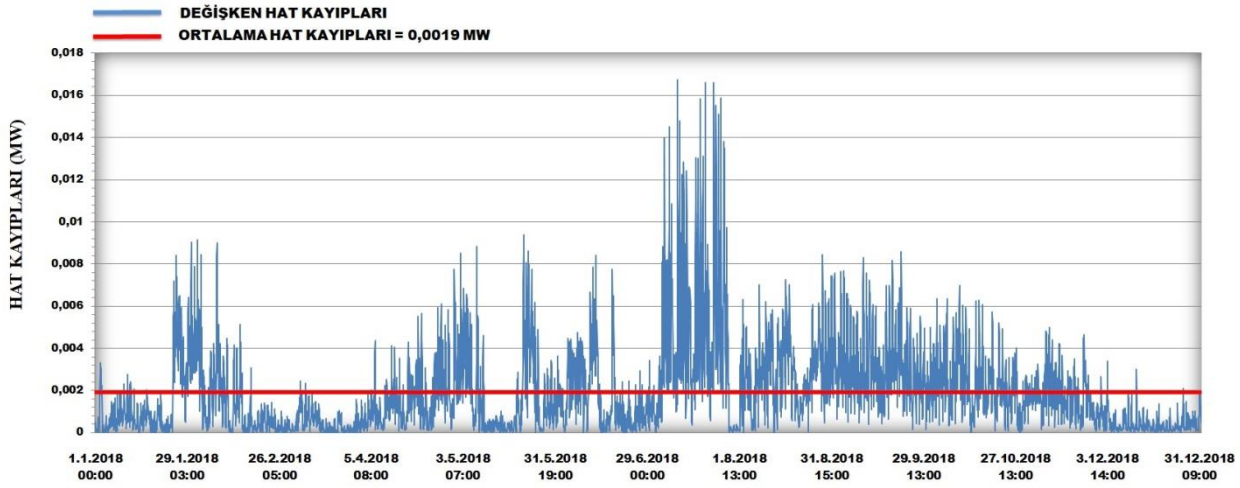

KÖYLER FİDERİ 2018 YILI LİSBON İLETKENİ İÇİN GERİLİM DÜŞÜMÜ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



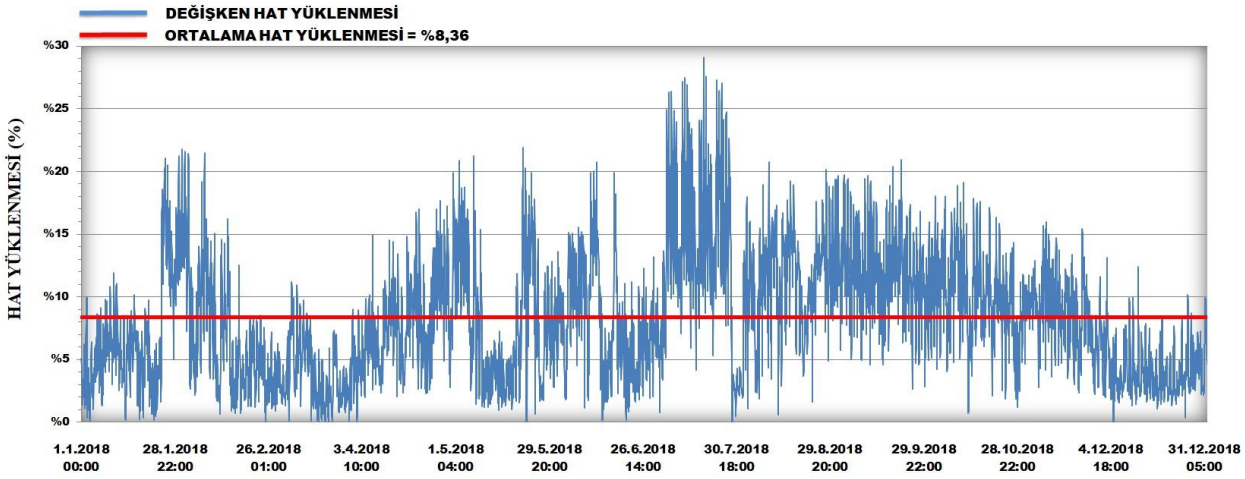

KÖYLER FİDERİ 2018 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN HAT KAYIPLARI DEĞİŞİM GRAFİĞİ



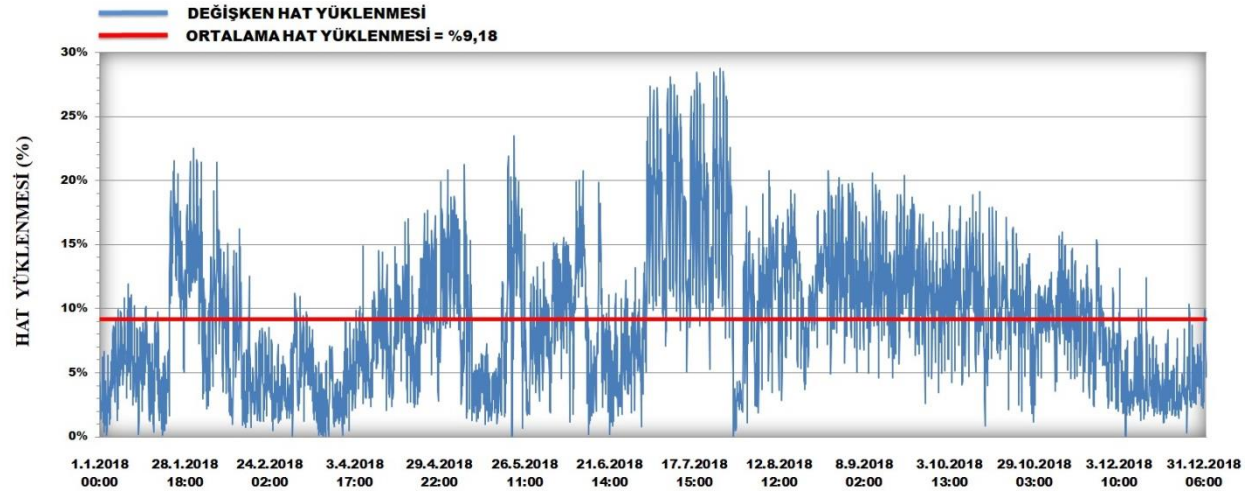
KÖYLER FİDERİ 2018 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN HAT KAYIPLARI DEĞİŞİM GRAFİĞİ




KÖYLER FİDERİ 2018 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN HAT YÜKLENMESİ DEĞİŞİM GRAFİĞİ

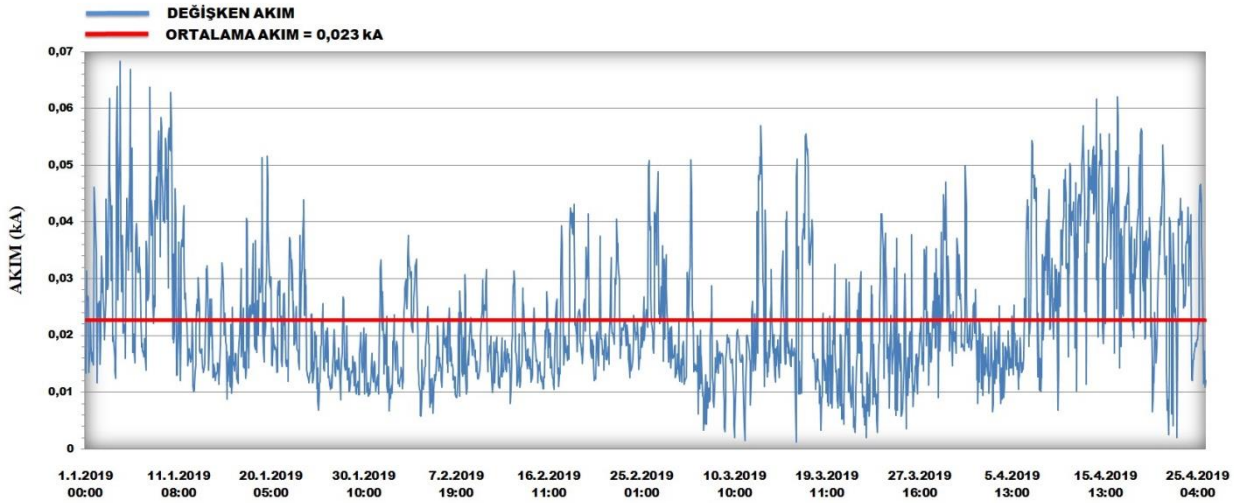



KÖYLER FİDERİ 2018 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN HAT YÜKLENMESİ DEĞİŞİM GRAFİĞİ

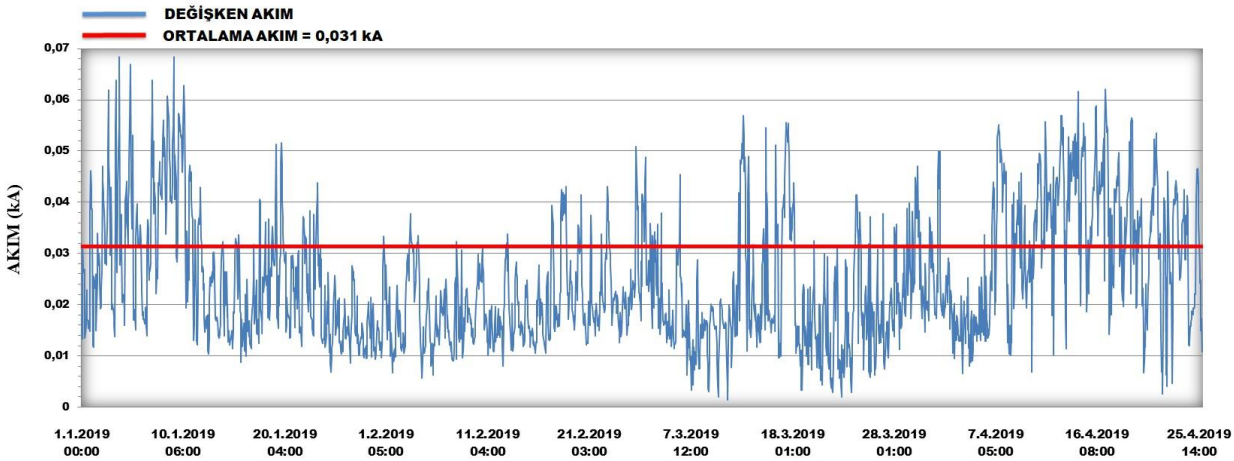


**EK-3.** Köyler Fideri 2019-1 Yılı Hat Parametre Grafikleri

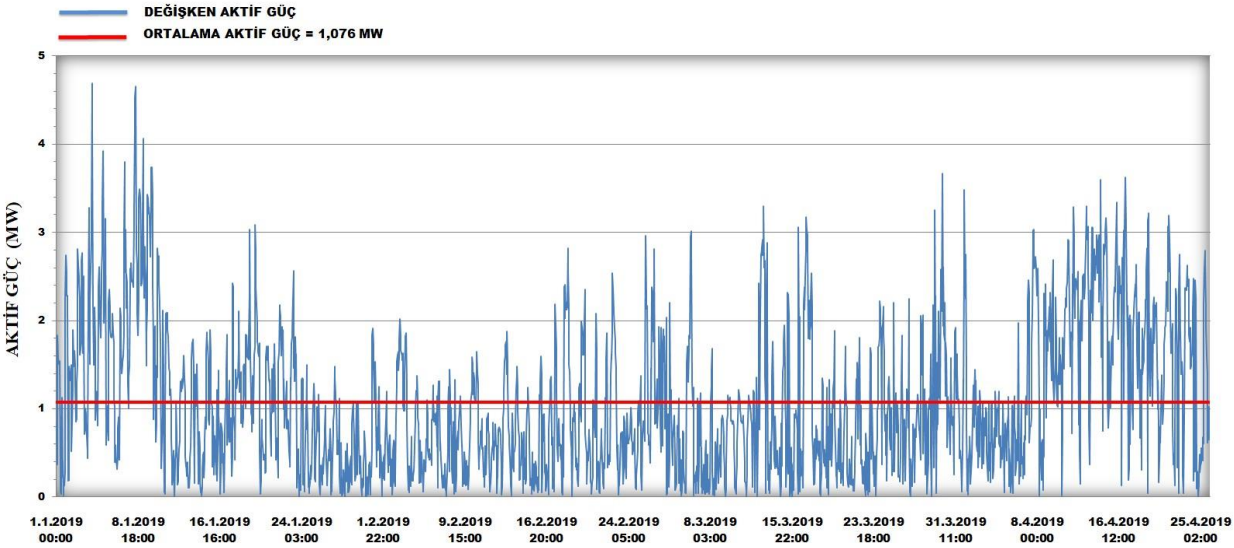
KÖYLER FİDERİ 01.01.2019 - 25.04.2019 TARİHLERİ ARASI HAWK İLETKENİ İÇİN AKIM DEĞİŞİM GRAFİĞİ



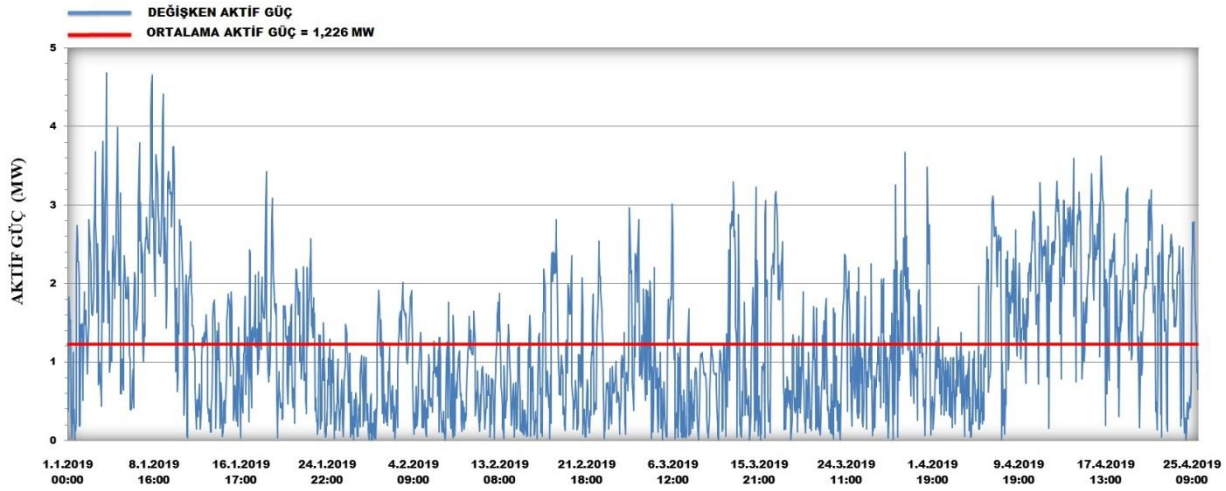

KÖYLER FİDERİ 01.01.2019 - 25.04.2019 TARİHLERİ ARASI LISBON İLETKENİ İÇİN AKIM DEĞİŞİM GRAFİĞİ



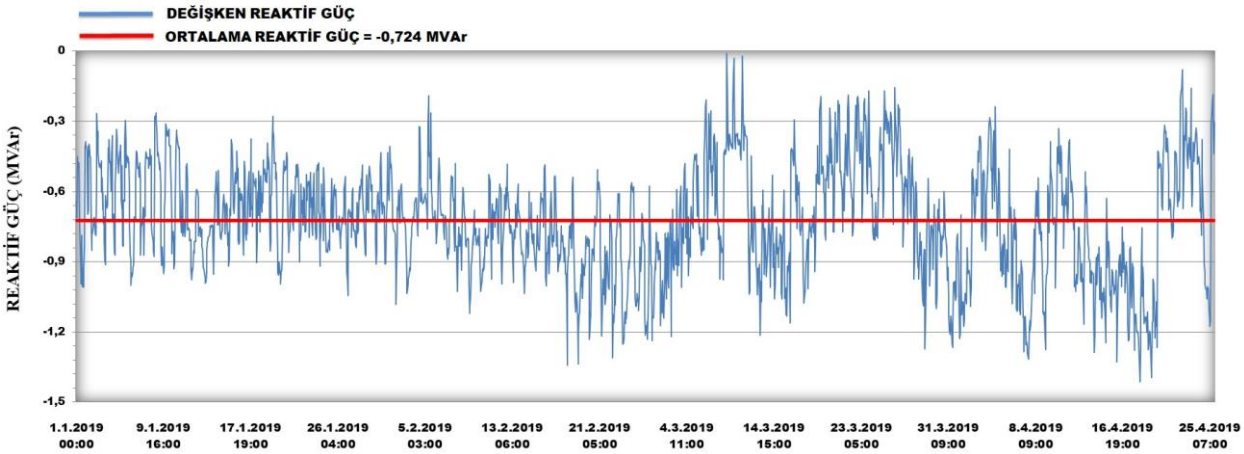

KÖYLER FİDERİ 01.01.2019 - 25.04.2019 TARİHLERİ ARASI HAWK İLETKENİ İÇİN AKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



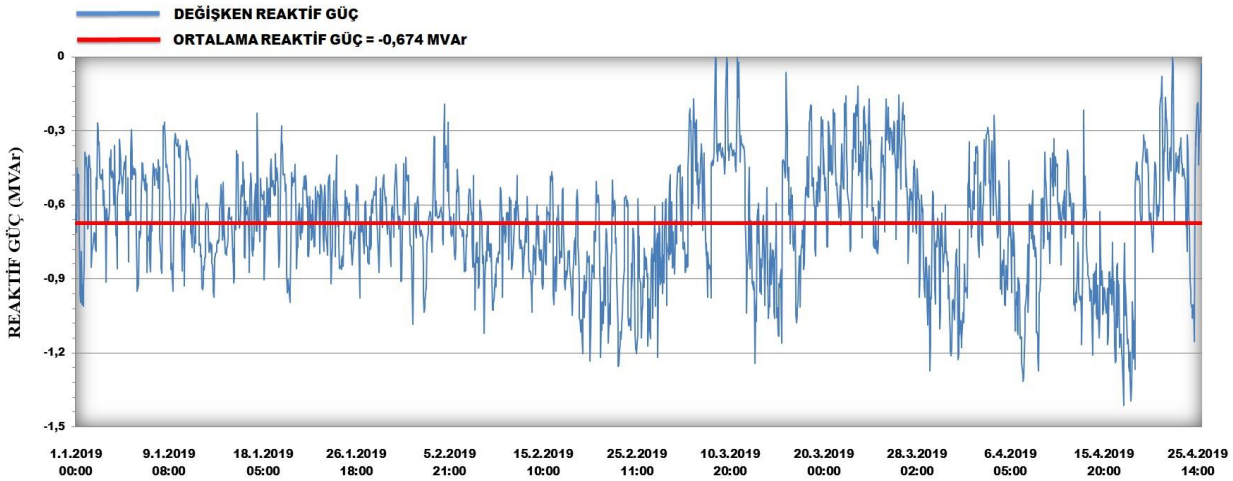
KÖYLER FİDERİ 01.01.2019 - 25.04.2019 TARİHLERİ ARASI LISBON İLETKENİ İÇİN AKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



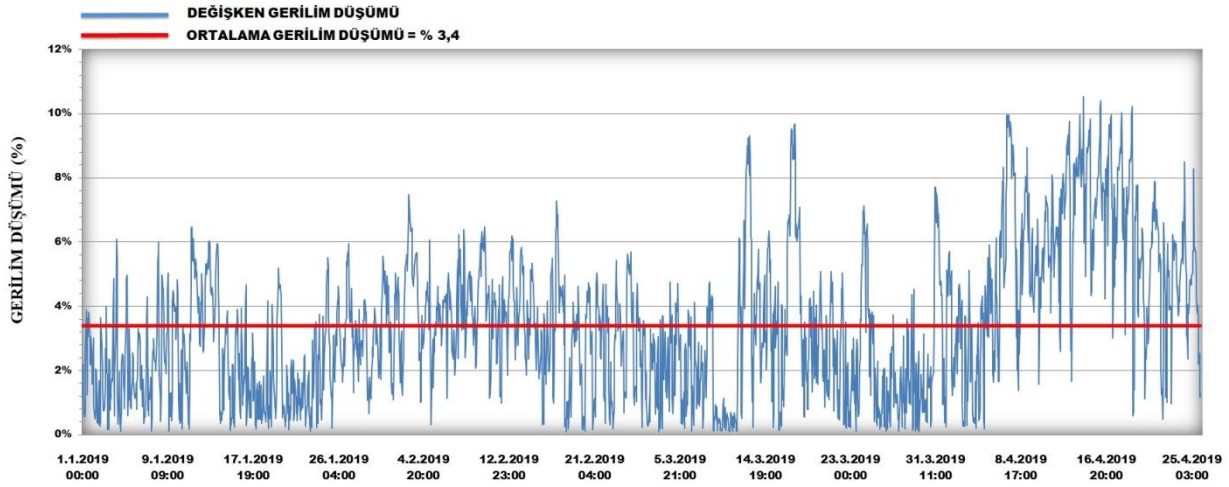

KÖYLER FİDERİ 01.01.2019 - 25.04.2019 TARİHLERİ ARASI HAWK İLETKENİ İÇİN REAKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



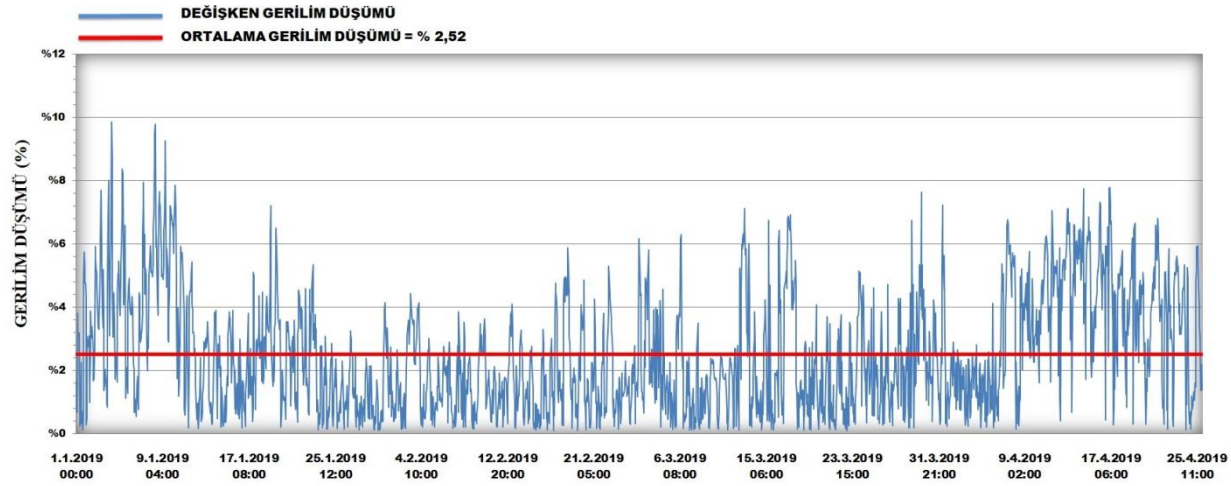

KÖYLER FİDERİ 01.01.2019 - 25.04.2019 TARİHLERİ ARASI LISBON İLETKENİ İÇİN REAKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



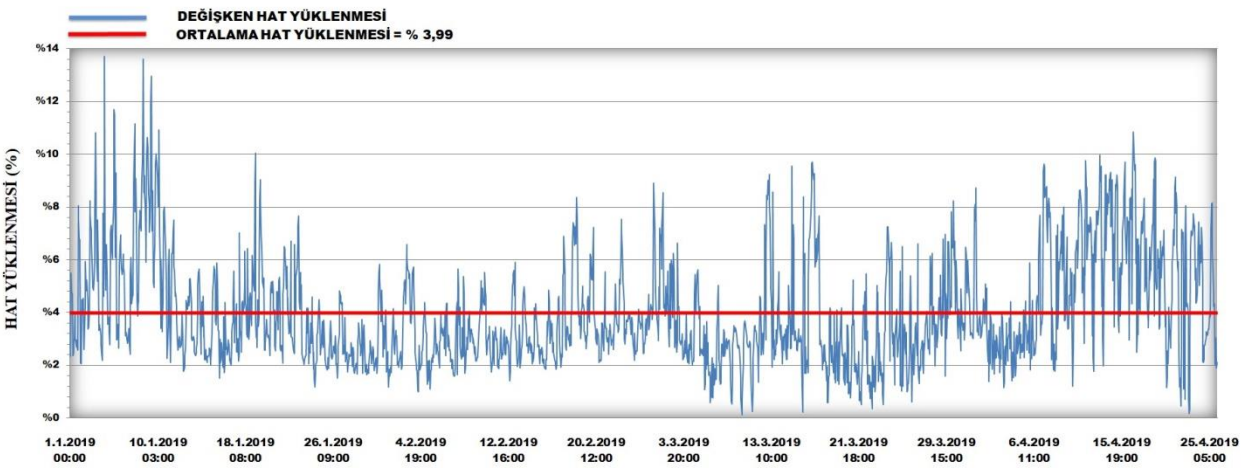
KÖYLER FİDERİ 01.01.2019 - 25.04.2019 TARİHLERİ ARASI HAWK İLETKENİ İÇİN GERİLİM DÜŞÜMÜ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



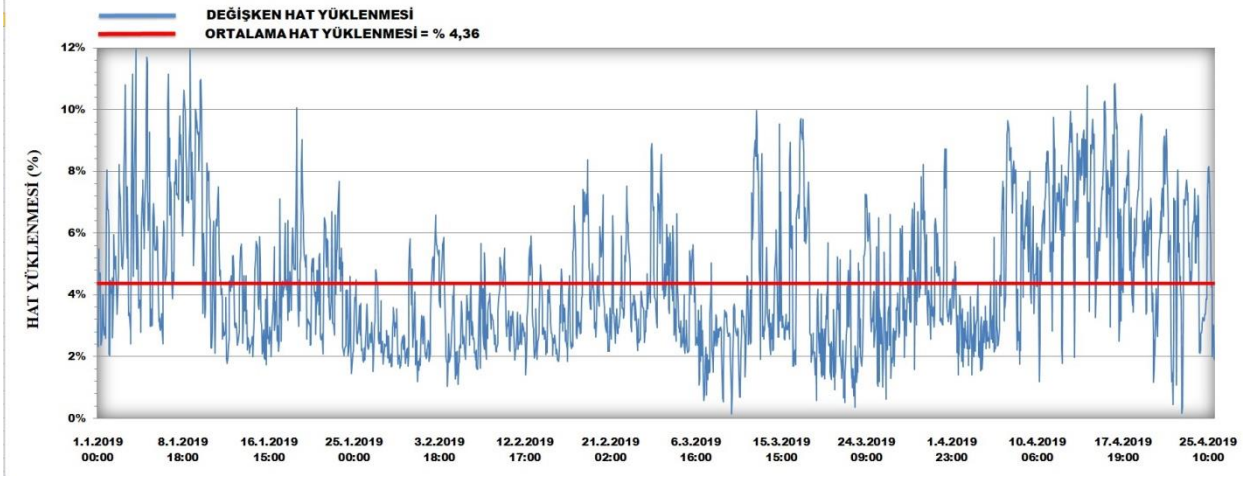

KÖYLER FİDERİ 01.01.2019 - 25.04.2019 TARİHLERİ ARASI LISBON İLETKENİ İÇİN GERİLİM DÜŞÜMÜ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



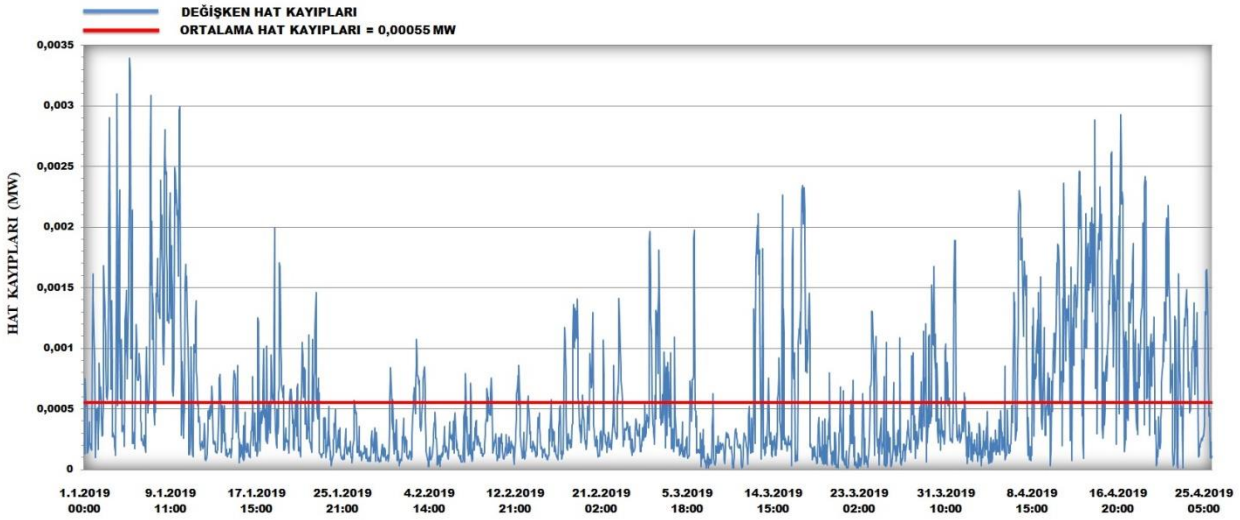

KÖYLER FİDERİ 01.01.2019 - 25.04.2019 TARİHLERİ ARASI HAWK İLETKENİ İÇİN HAT YÜKLENMESİ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



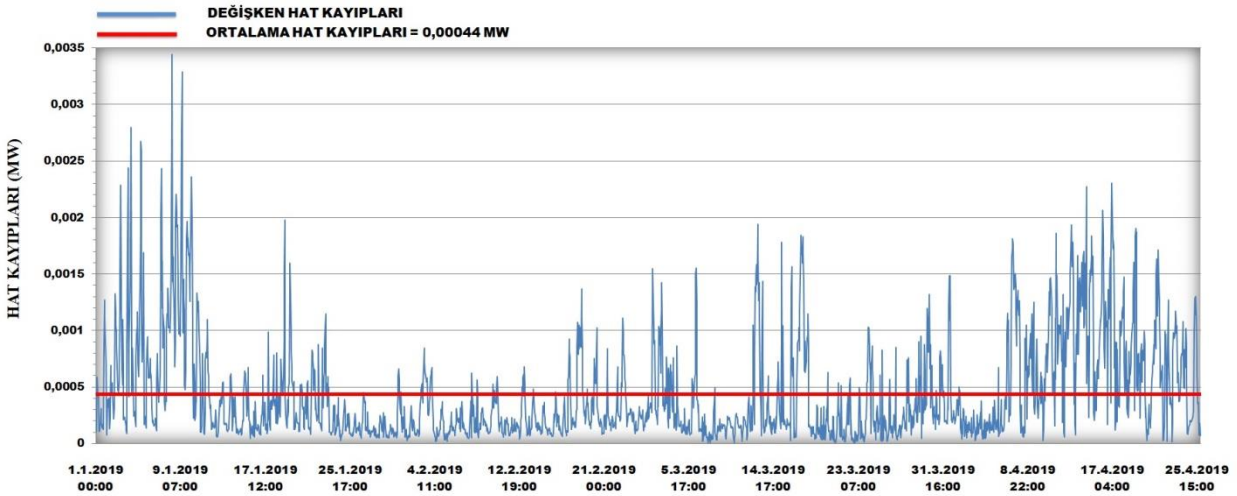
KÖYLER FİDERİ 01.01.2019 - 25.04.2019 TARİHLERİ ARASI LISBON İLETKENİ İÇİN HAT YÜKLENMESİ DEĞİŞİM GRAFİĞİ




KÖYLER FİDERİ 01.01.2019 - 25.04.2019 TARİHLERİ ARASI HAWK İLETKENİ İÇİN HAT KAYIPLARI DEĞİŞİM GRAFİĞİ

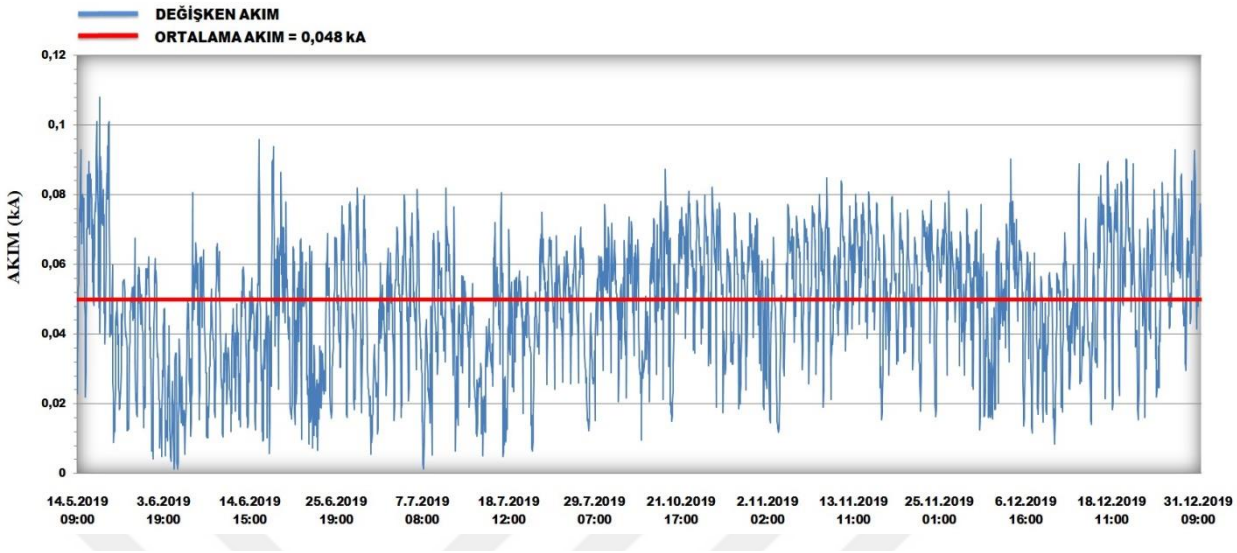



KÖYLER FİDERİ 01.01.2019 - 25.04.2019 TARİHLERİ ARASI LİSBON İLETKENİ İÇİN HAT KAYIPLARI DEĞİŞİM GRAFİĞİ

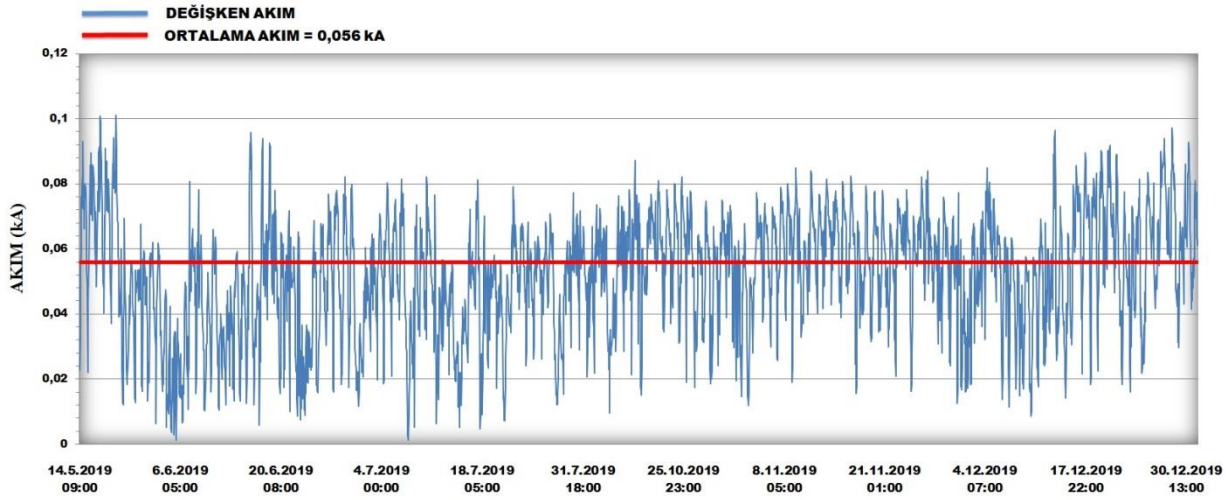


**EK-4.** Köyler Fideri 2019-2 Yılı Hat Parametre Grafikleri

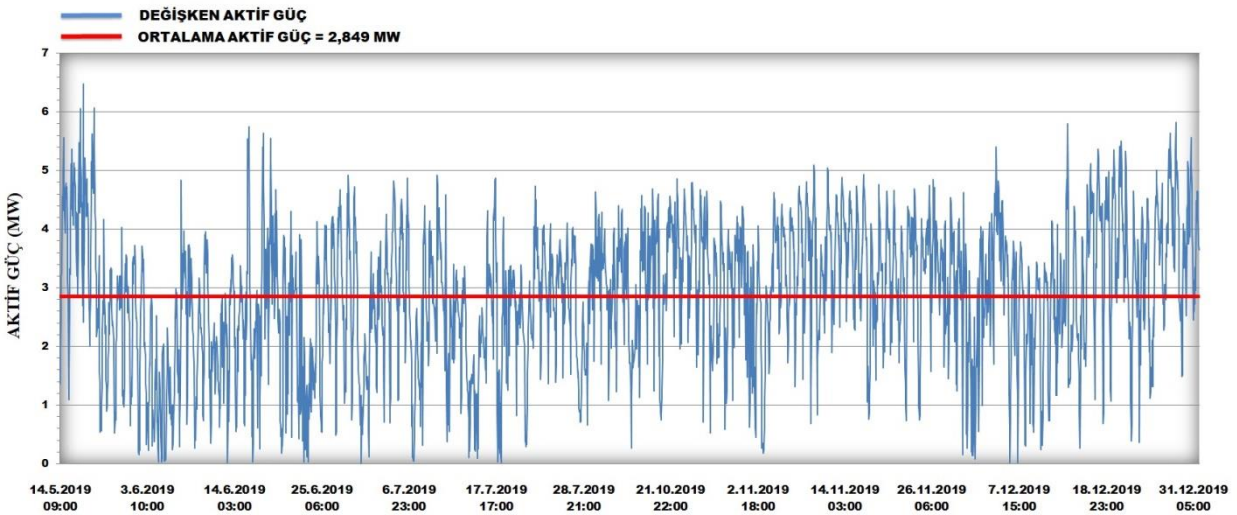
KÖYLER FİDERİ 14.05.2019 - 31.12.2019 TARİHLERİ ARASI HAWK İLETKENİ İÇİN AKIM DEĞİŞİM GRAFİĞİ



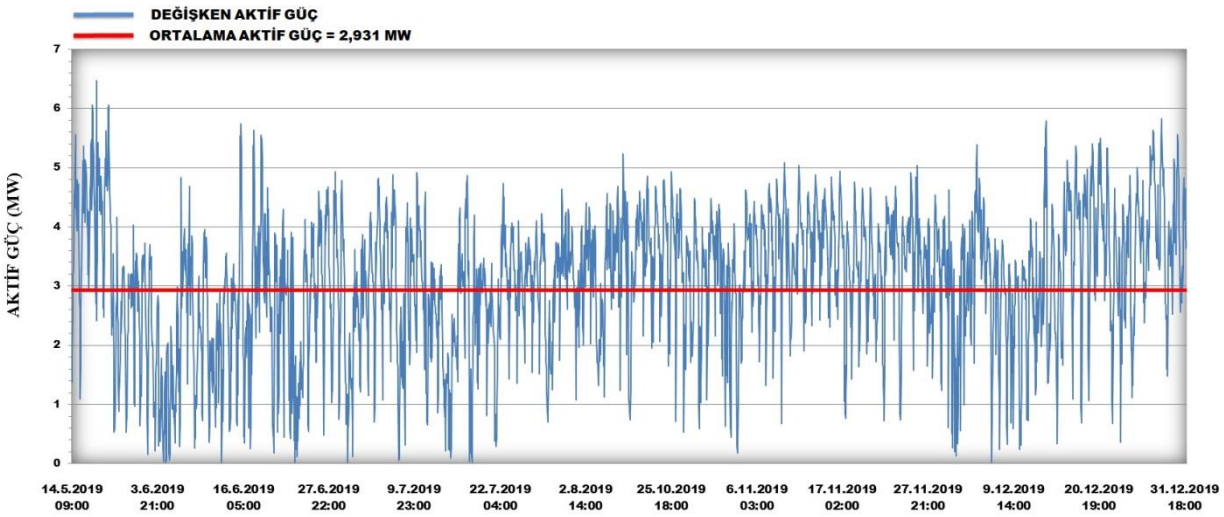

KÖYLER FİDERİ 14.05.2019 - 31.12.2019 TARİHLERİ ARASI LISBON İLETKENİ İÇİN AKIM DEĞİŞİM GRAFİĞİ



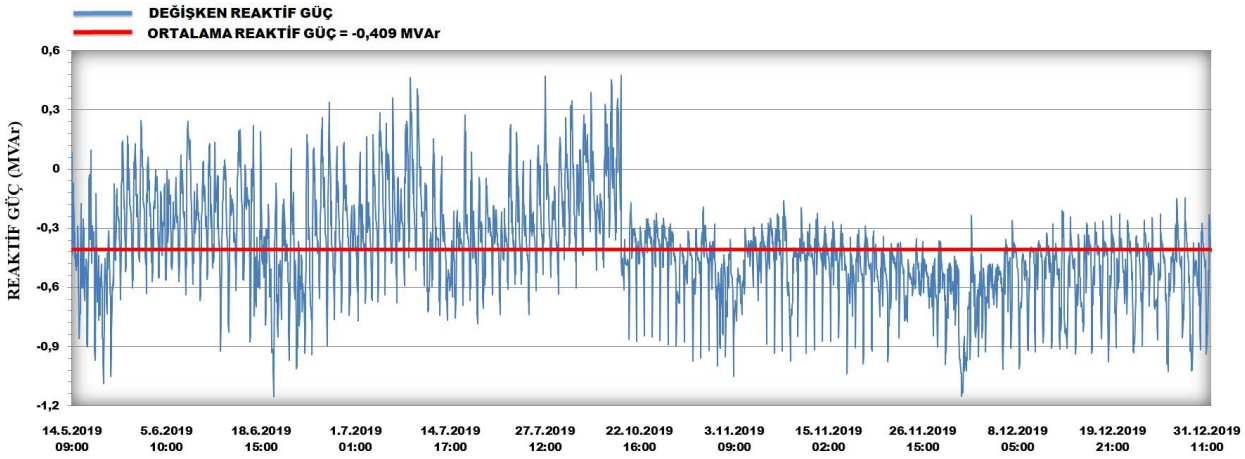

KÖYLER FİDERİ 14.05.2019 - 31.12.2019 TARİHLERİ ARASI HAWK İLETKENİ İÇİN AKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



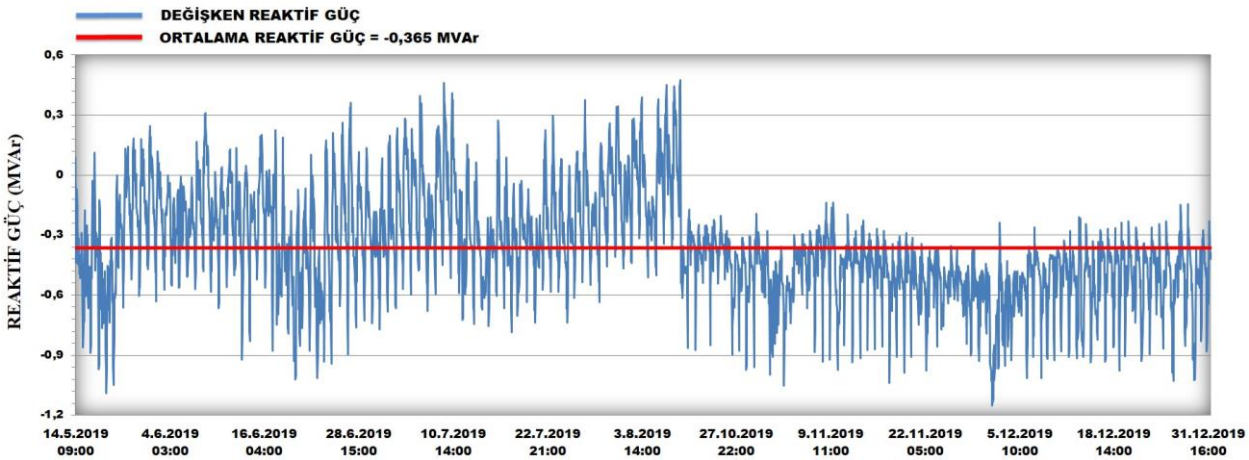
KÖYLER FİDERİ 14.05.2019 - 31.12.2019 TARİHLERİ ARASI LISBON İLETKENİ İÇİN AKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



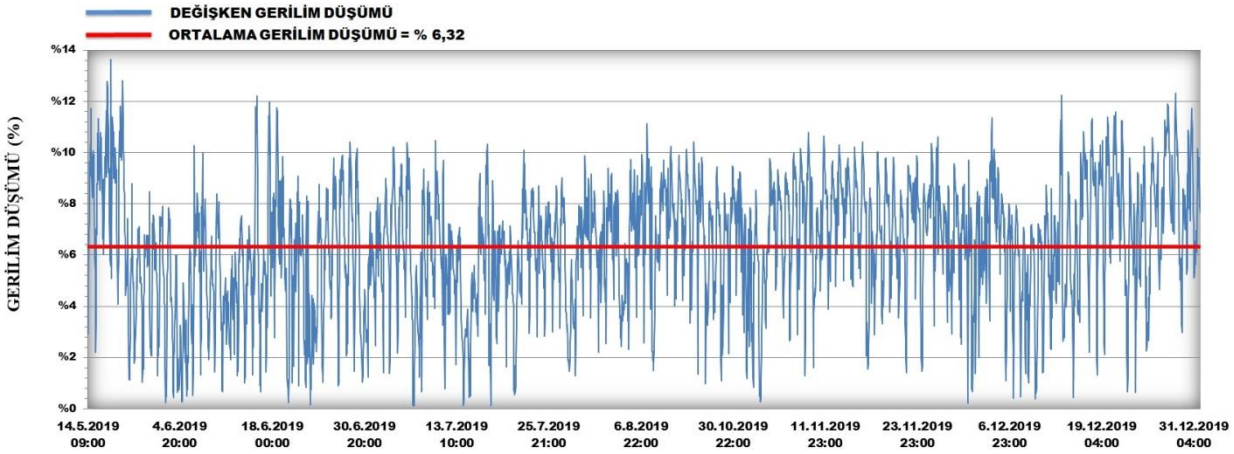

KÖYLER FİDERİ 14.05.2019 - 31.12.2019 TARİHLERİ ARASI HAWK İLETKENİ İÇİN REAKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



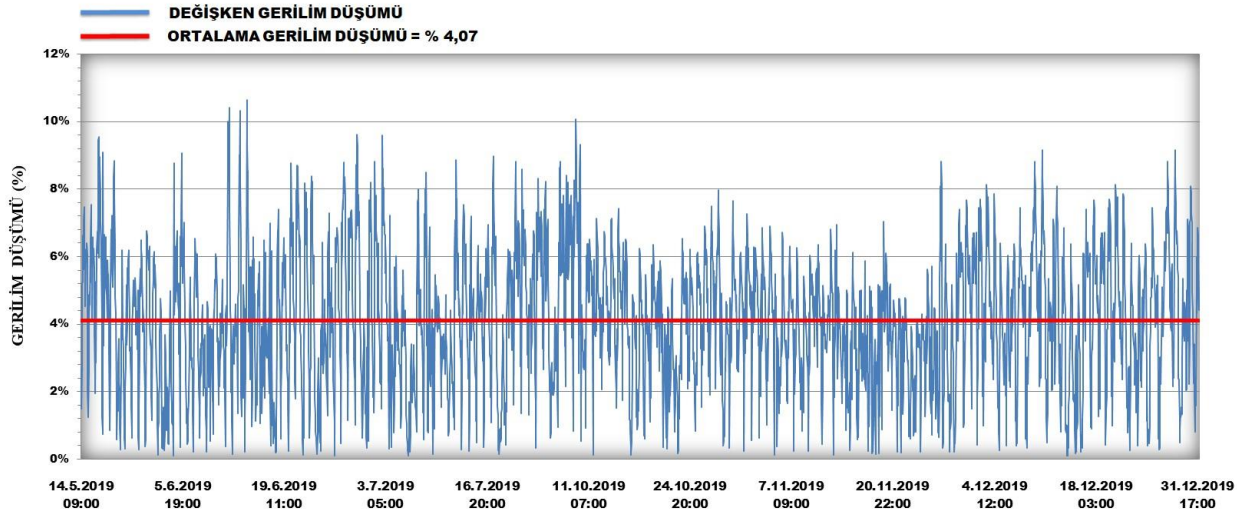

KÖYLER FİDERİ 14.05.2019 - 31.12.2019 TARİHLERİ ARASI LISBON İLETKENİ İÇİN REAKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



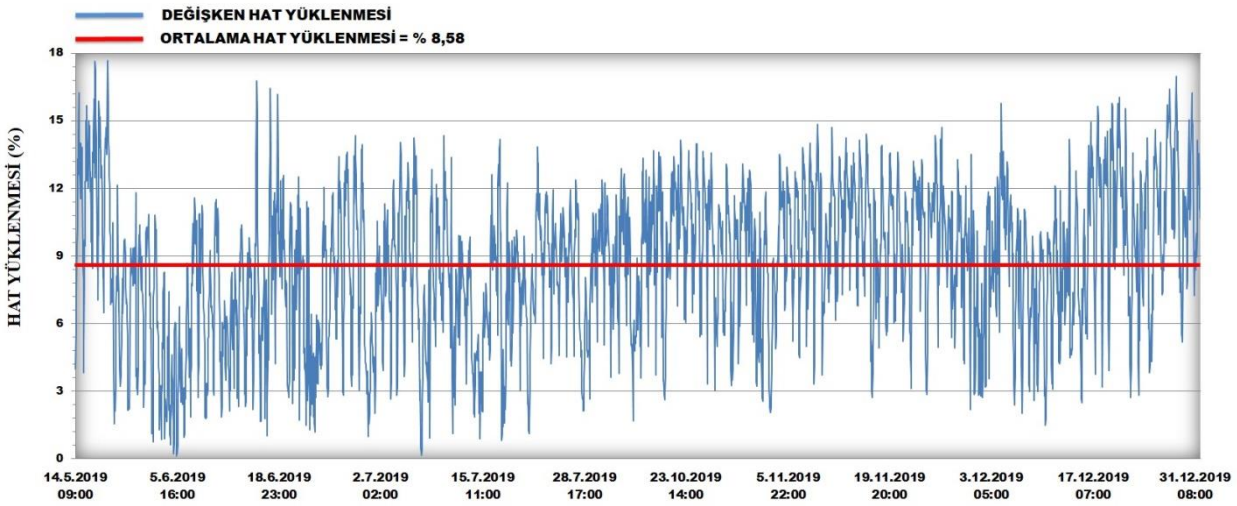
KÖYLER FİDERİ 14.05.2019 - 31.12.2019 TARİHLERİ ARASI HAWK İLETKENİ İÇİN GERİLİM DÜŞÜMÜ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



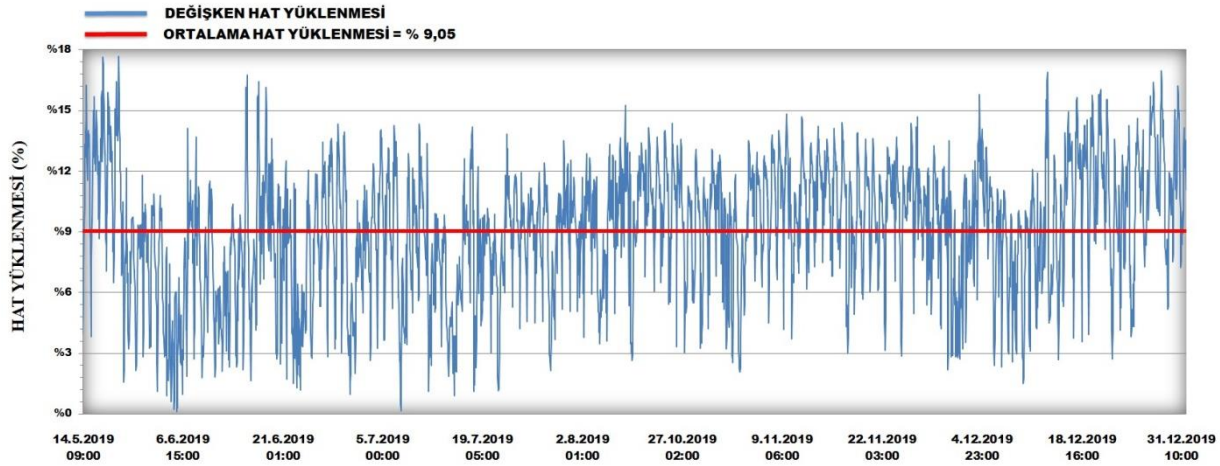

KÖYLER FİDERİ 14.05.2019 - 31.12.2019 TARİHLERİ ARASI LISBON İLETKENİ İÇİN GERİLİM DÜŞÜMÜ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



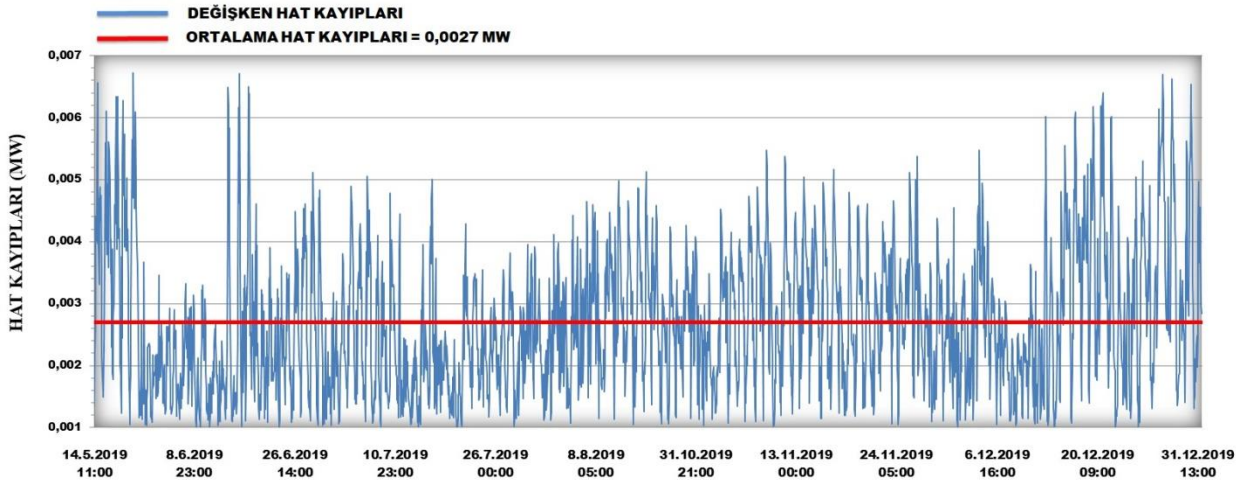

KÖYLER FİDERİ 14.05.2019 - 31.12.2019 TARİHLERİ ARASI HAWK İLETKENİ İÇİN HAT YÜKLENMESİ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



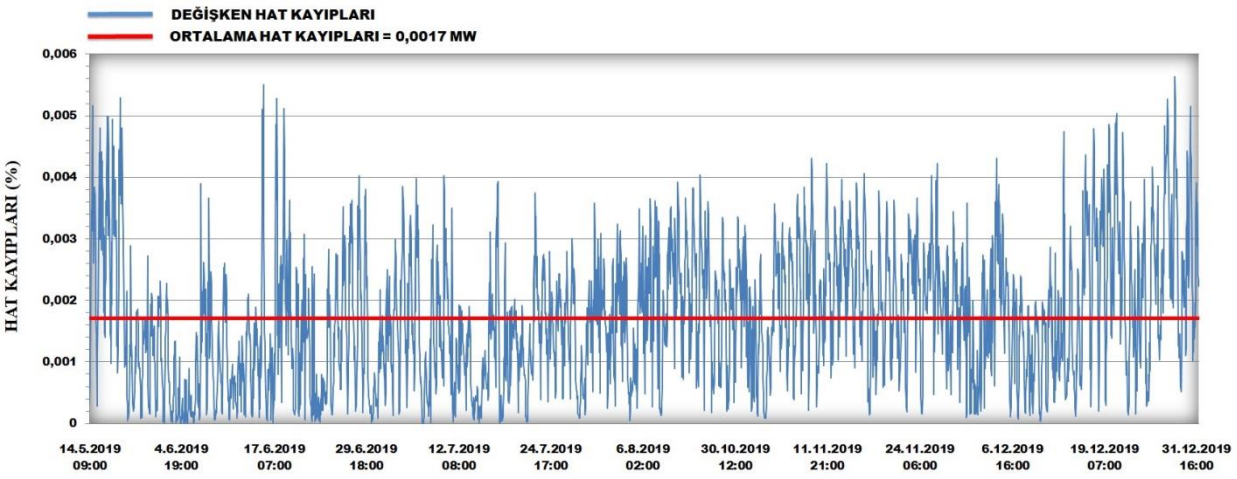
KÖYLER FİDERİ 14.05.2019 - 31.12.2019 TARİHLERİ ARASI LISBON İLETKENİ İÇİN HAT YÜKLENMESİ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



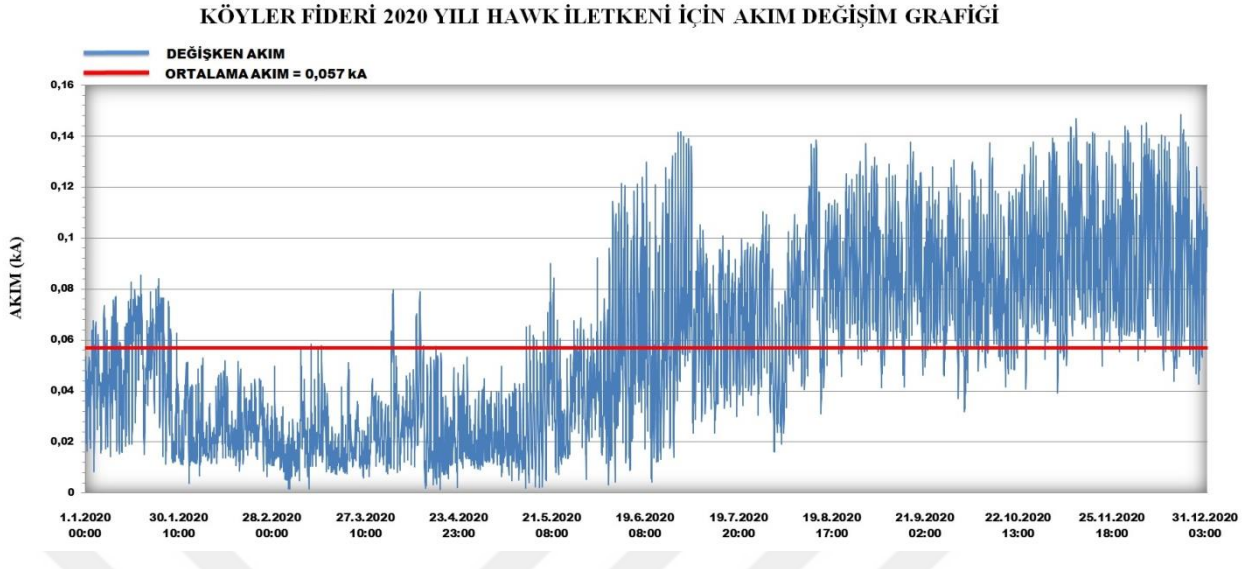

KÖYLER FİDERİ 14.05.2019 - 31.12.2019 TARİHLERİ ARASI HAWK İLETKENİ İÇİN HAT KAYIPLARI DEĞİŞİM GRAFİĞİ

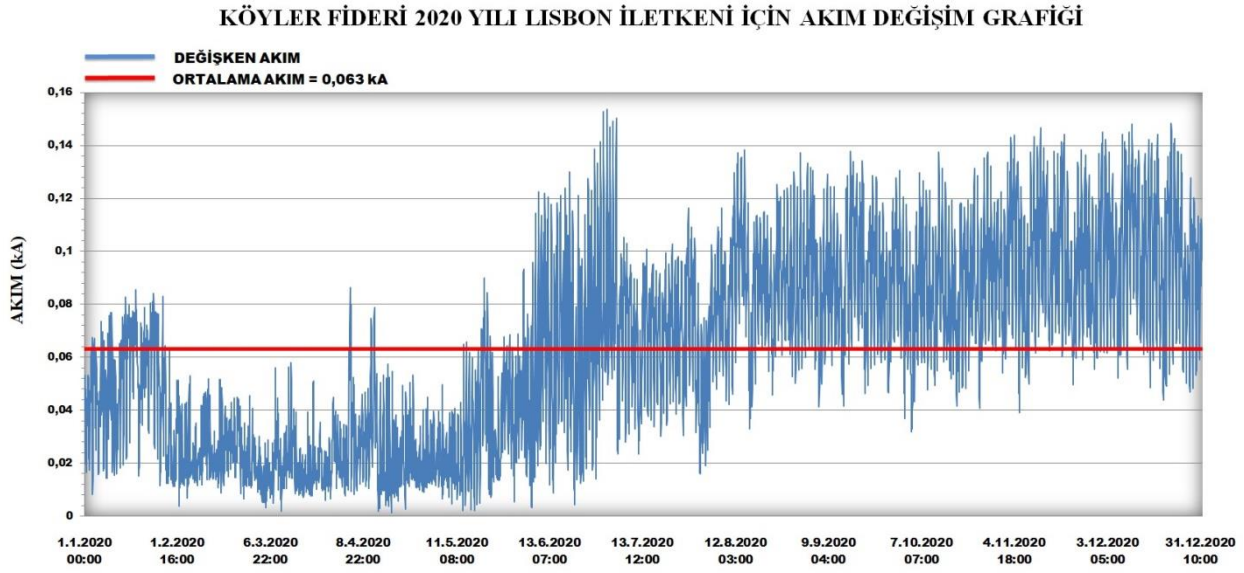


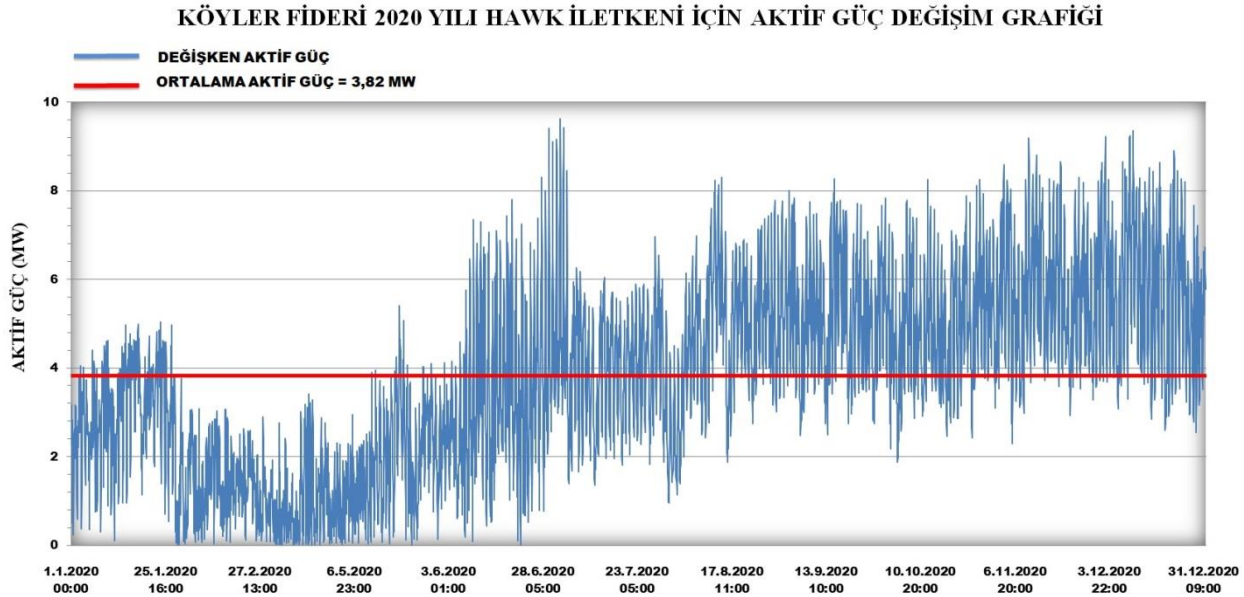

KÖYLER FİDERİ 14.05.2019 - 31.12.2019 TARİHLERİ ARASI LISBON İLETKENİ İÇİN HAT KAYIPLARI DEĞİŞİM GRAFİĞİ



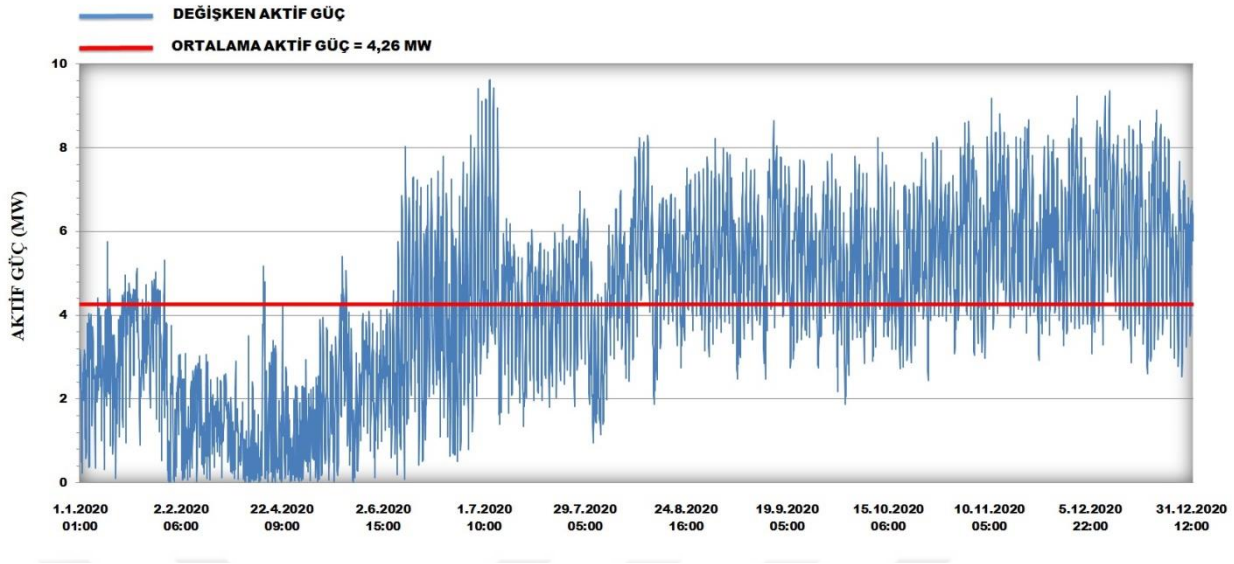
**EK-5.** Köyler Fideri 2020 Yılı Hat Parametre Grafikleri



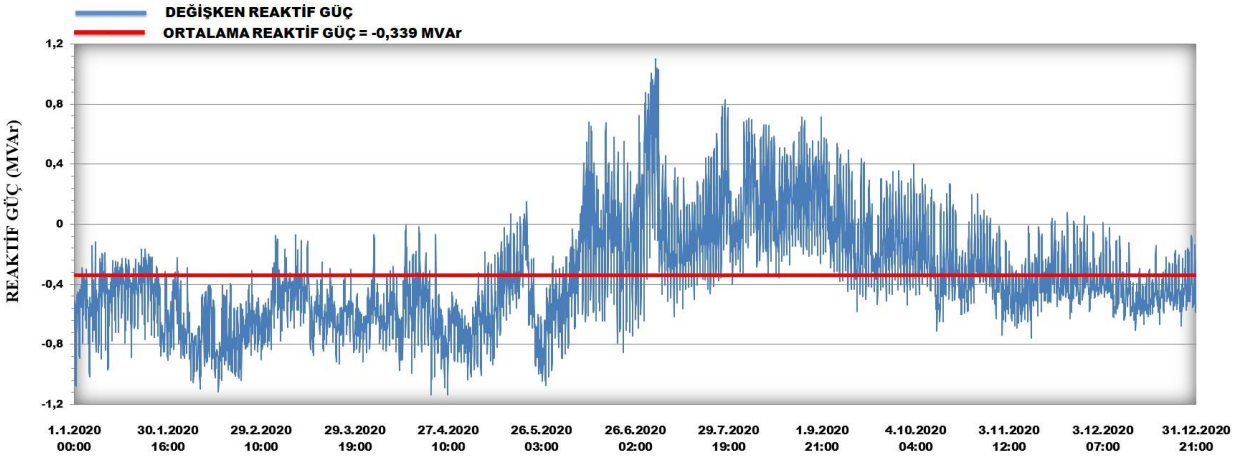



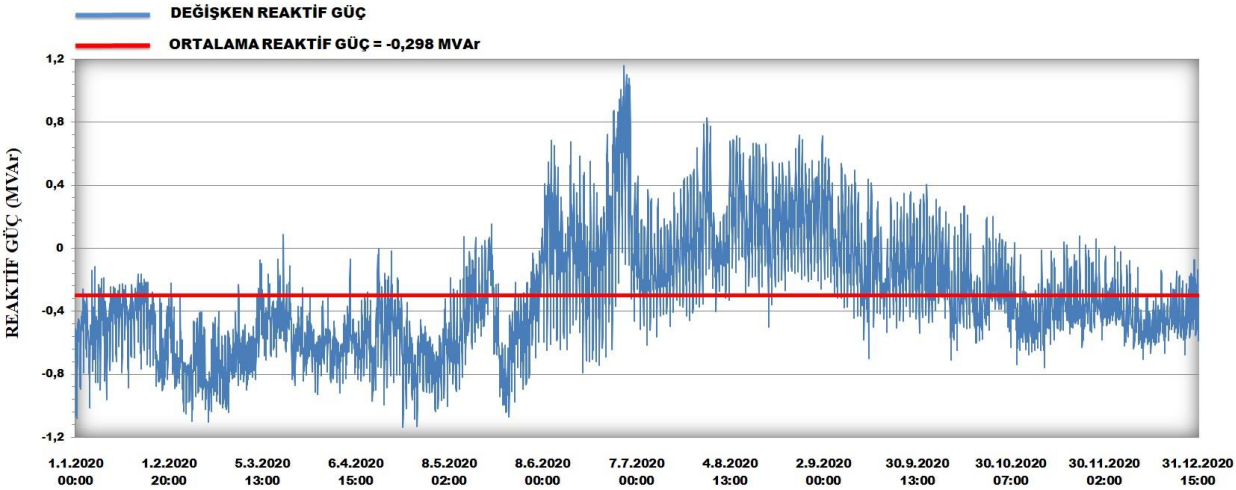
KÖYLER FİDERİ 2020 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN AKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



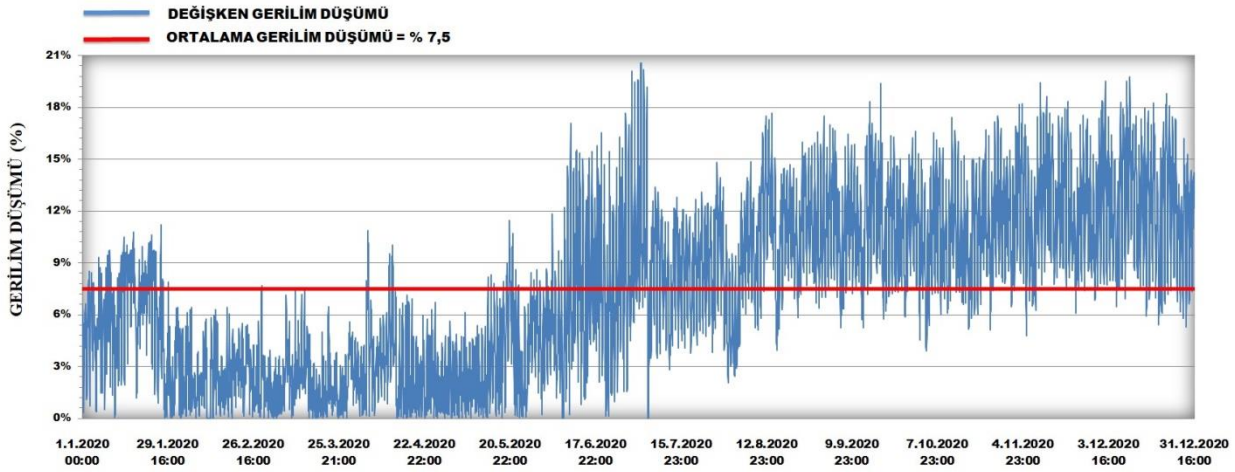

KÖYLER FİDERİ 2020 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN REAKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



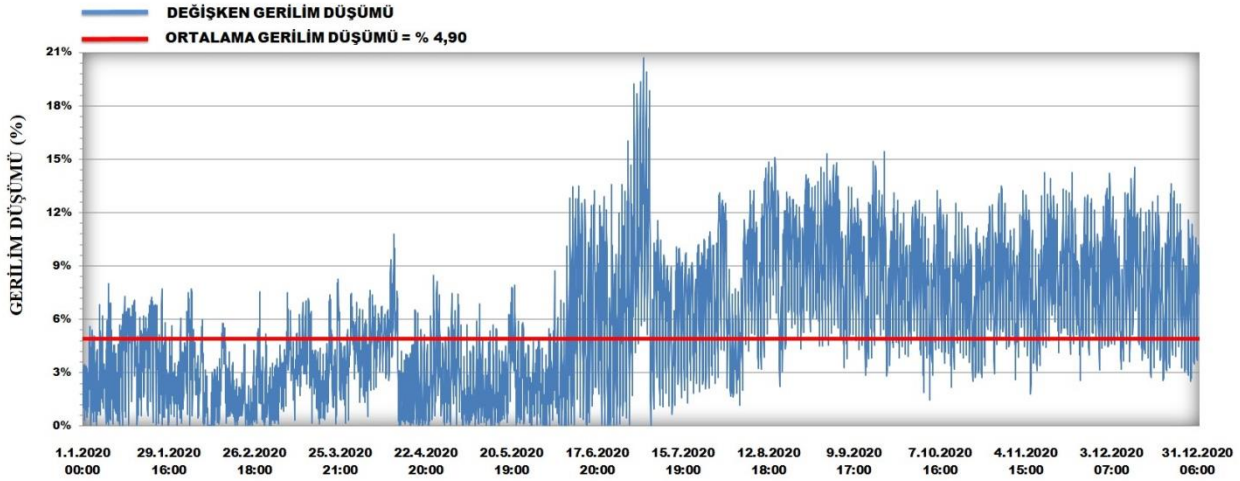

KÖYLER FİDERİ 2020 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN REAKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



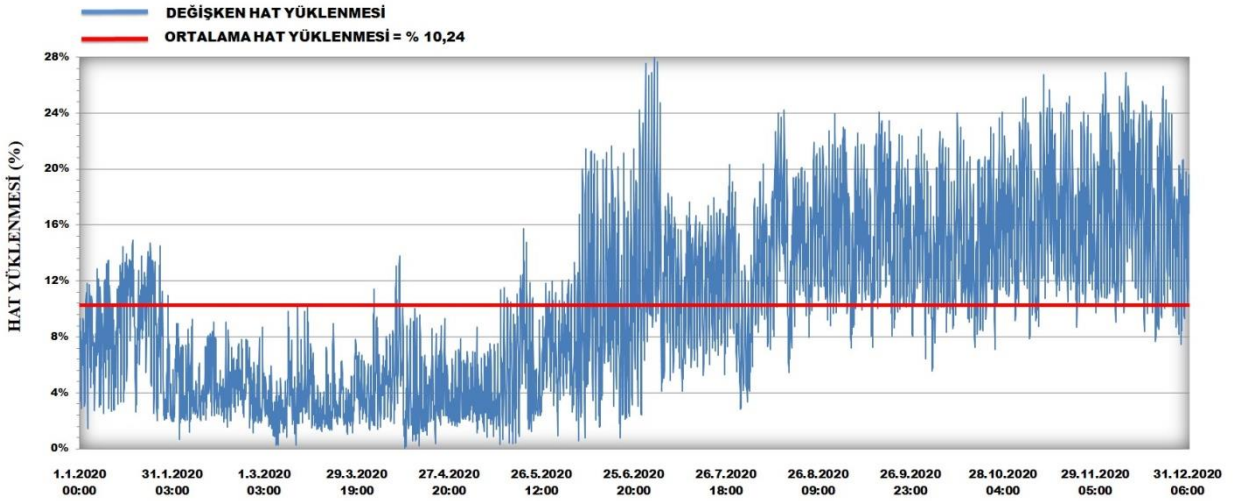
KÖYLER FİDERİ 2020 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN GERİLİM DÜŞÜMÜ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



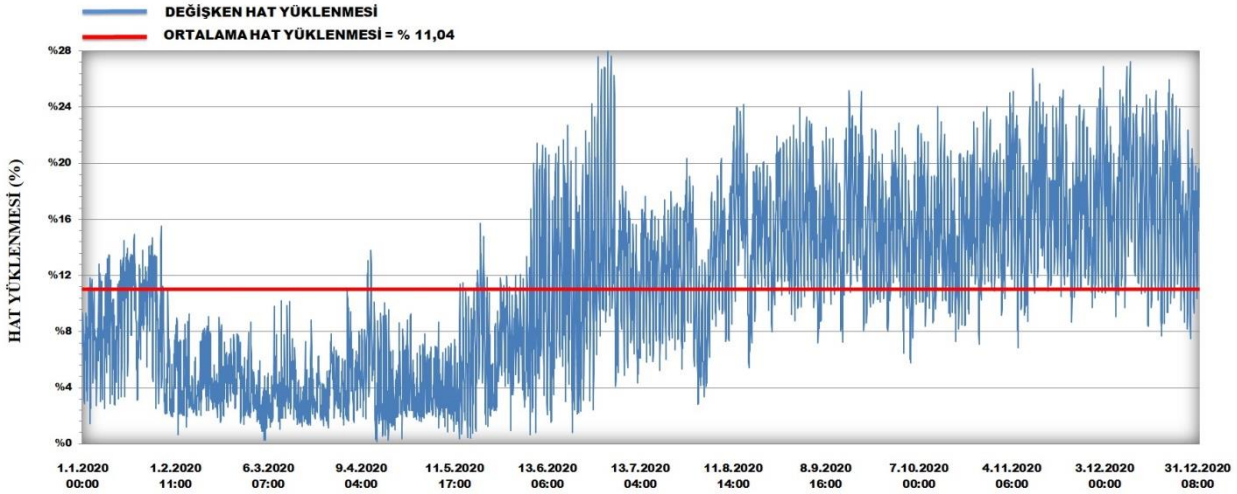

KÖYLER FİDERİ 2020 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN GERİLİM DÜŞÜMÜ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



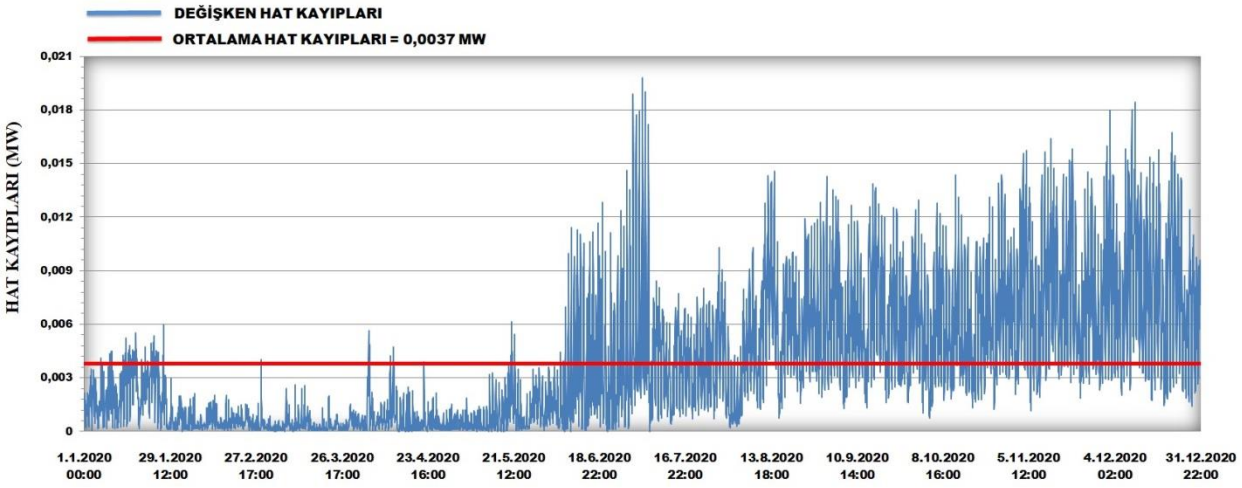

KÖYLER FİDERİ 2020 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN HAT YÜKLENMESİ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



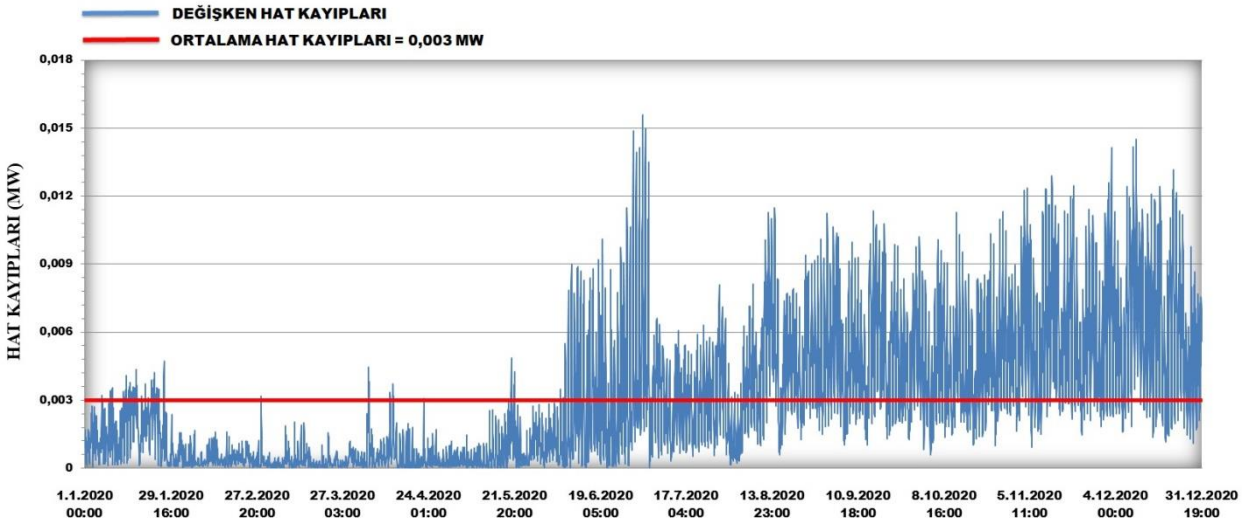
KÖYLER FİDERİ 2020 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN HAT YÜKLENMESİ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



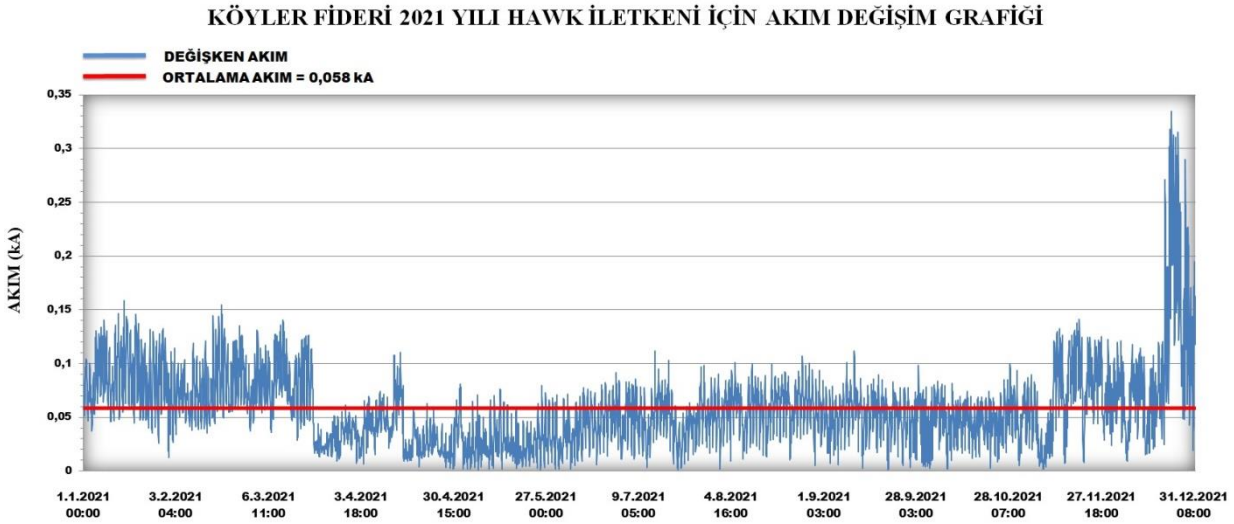

KÖYLER FİDERİ 2020 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN HAT KAYIPLARI DEĞİŞİM GRAFİĞİ

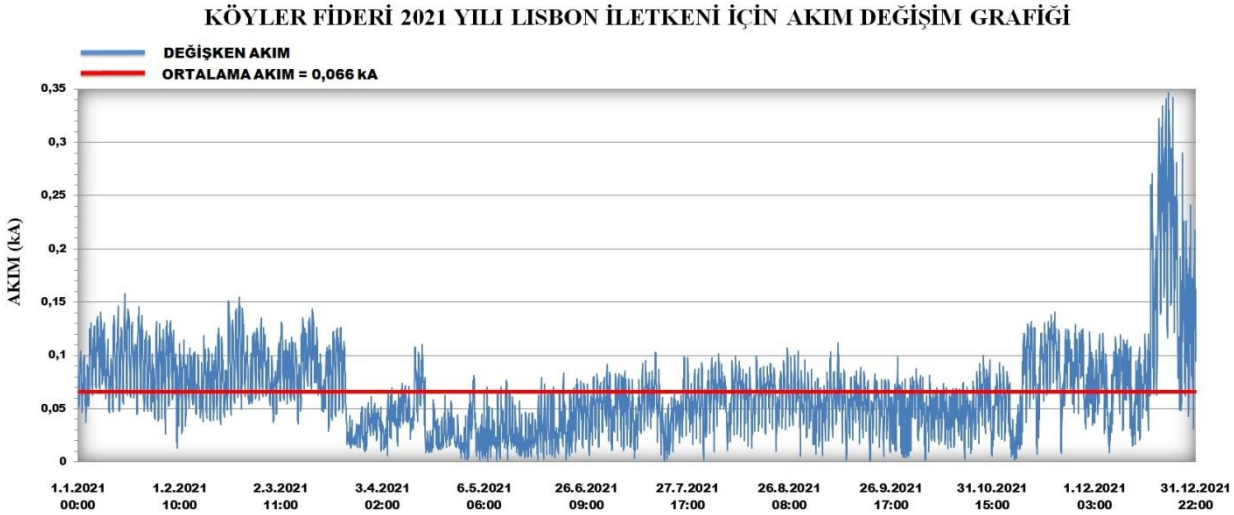


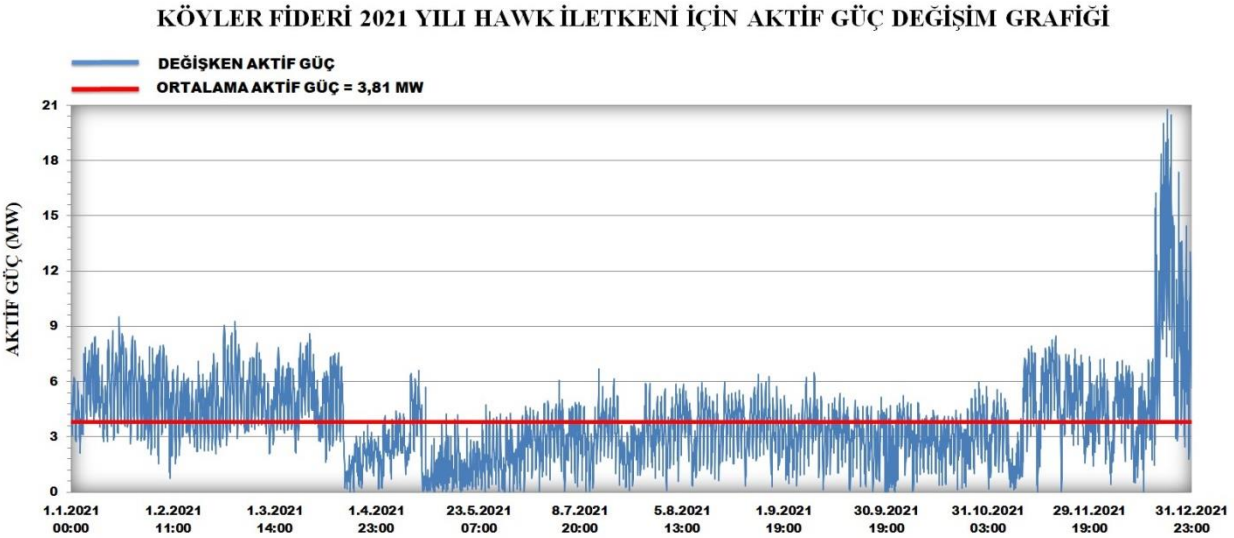

KÖYLER FİDERİ 2020 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN HAT KAYIPLARI DEĞİŞİM GRAFİĞİ



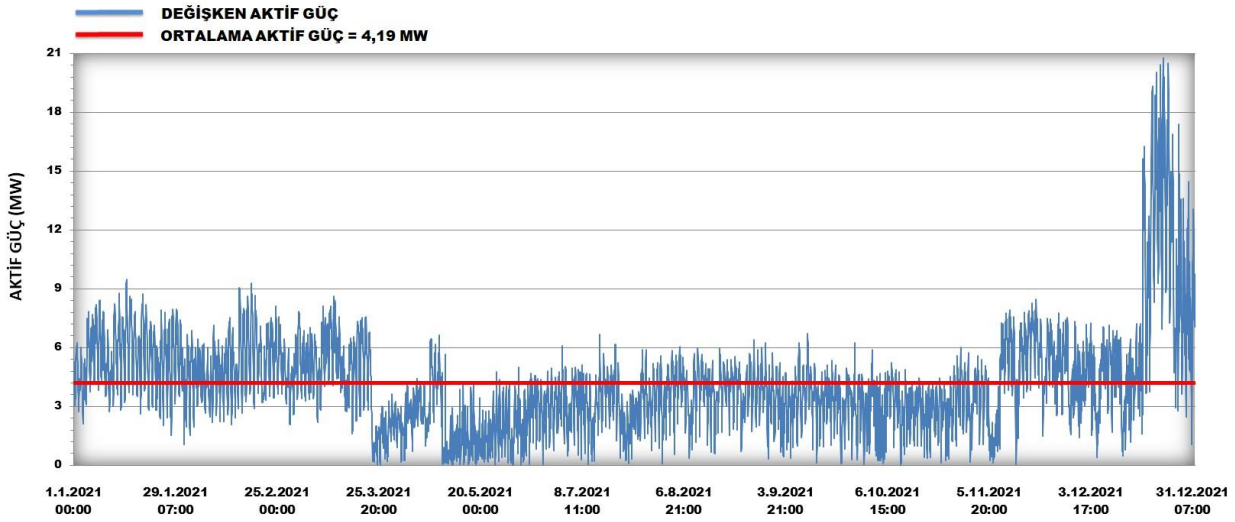
**EK-6.** Köyler Fideri 2021 Yılı Hat Parametre Grafikleri



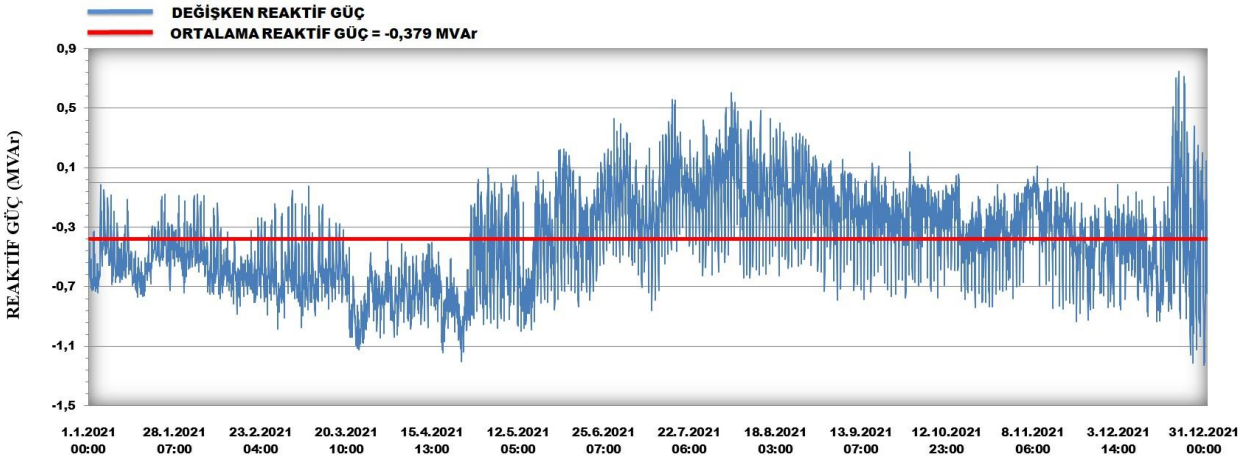



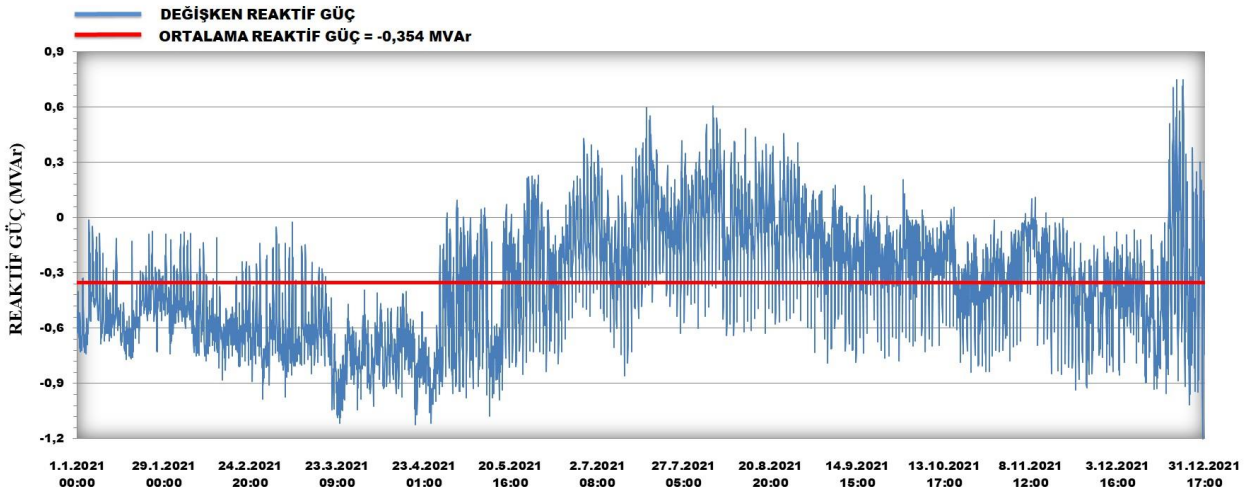
KÖYLER FİDERİ 2021 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN AKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



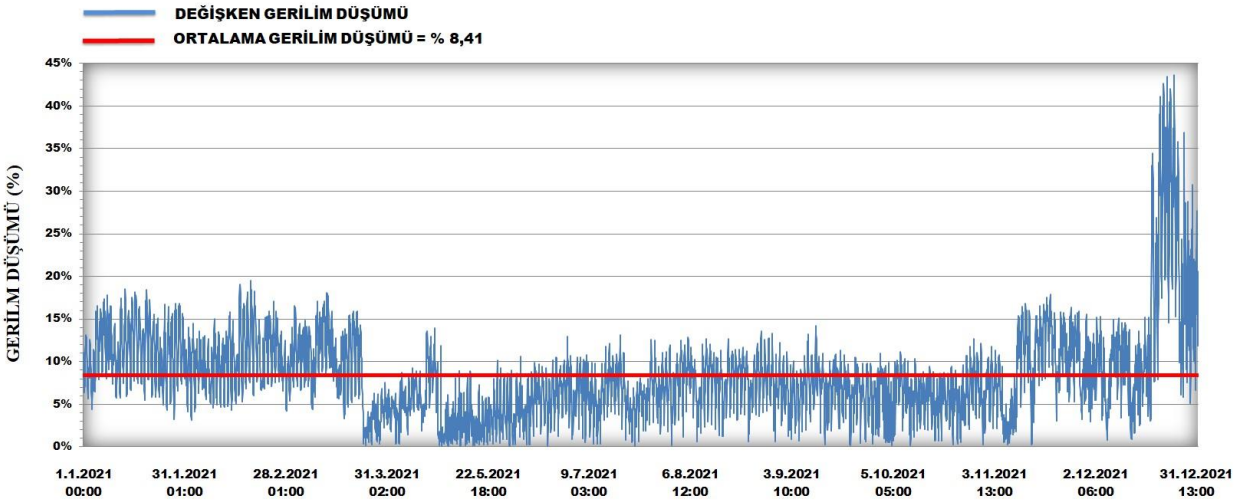

KÖYLER FİDERİ 2021 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN REAKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



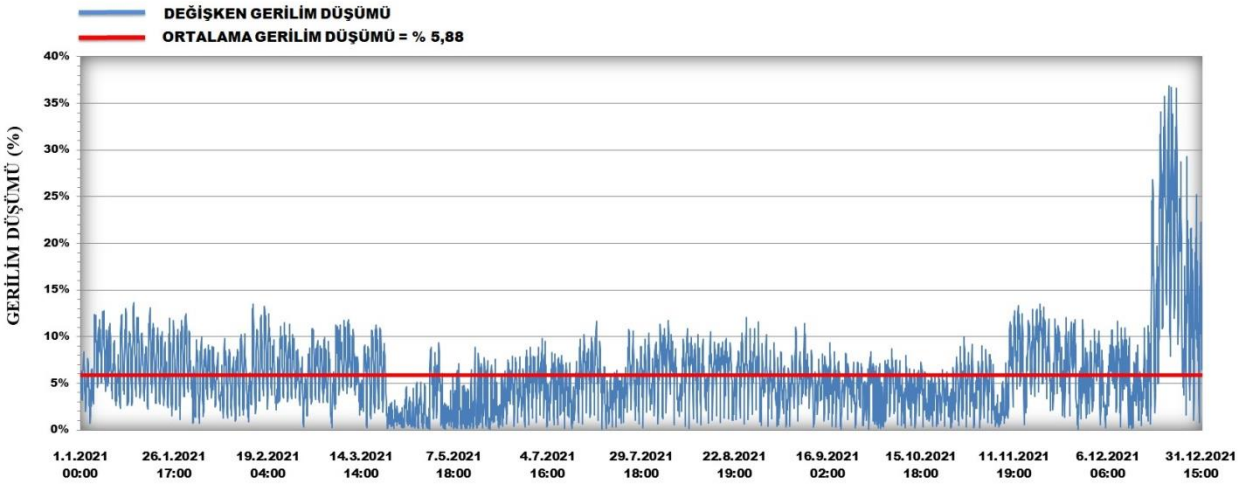

KÖYLER FİDERİ 2021 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN REAKTİF GÜÇ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



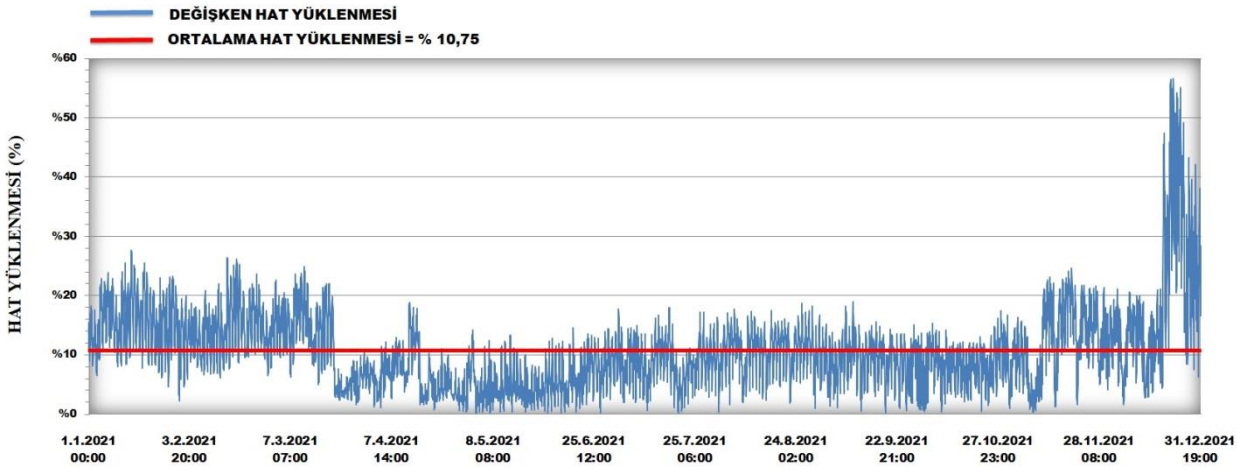
KÖYLER FİDERİ 2021 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN GERİLİM DÜŞÜMÜ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



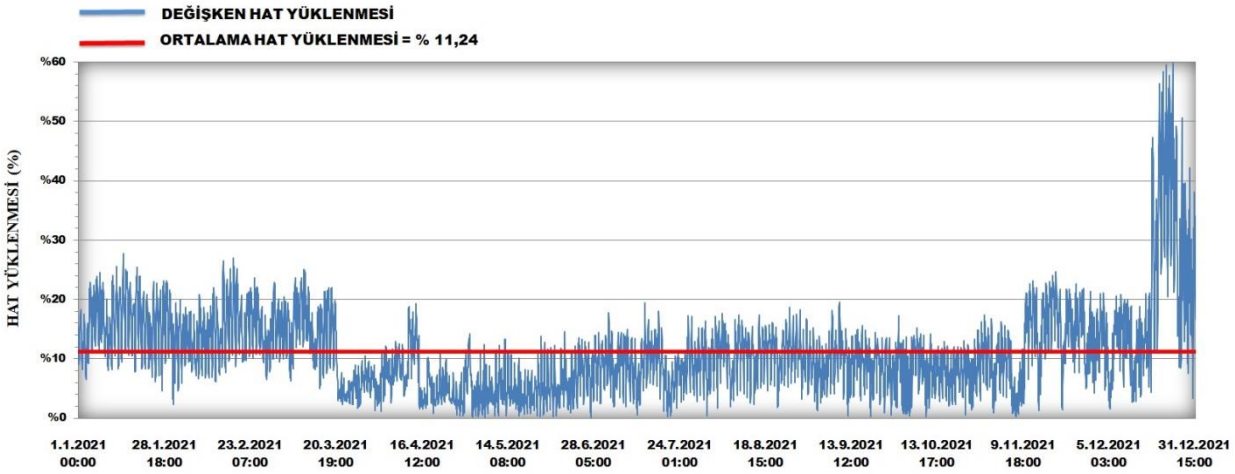

KÖYLER FİDERİ 2021 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN GERİLİM DÜŞÜMÜ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



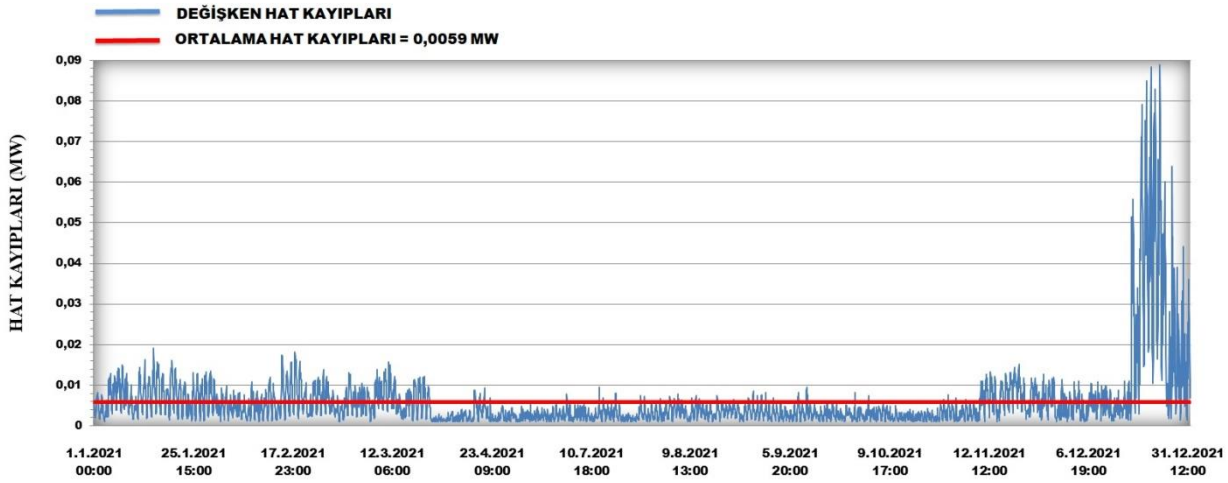

KÖYLER FİDERİ 2021 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN HAT YÜKLENMESİ DEĞİŞİM GRAFİĞİ



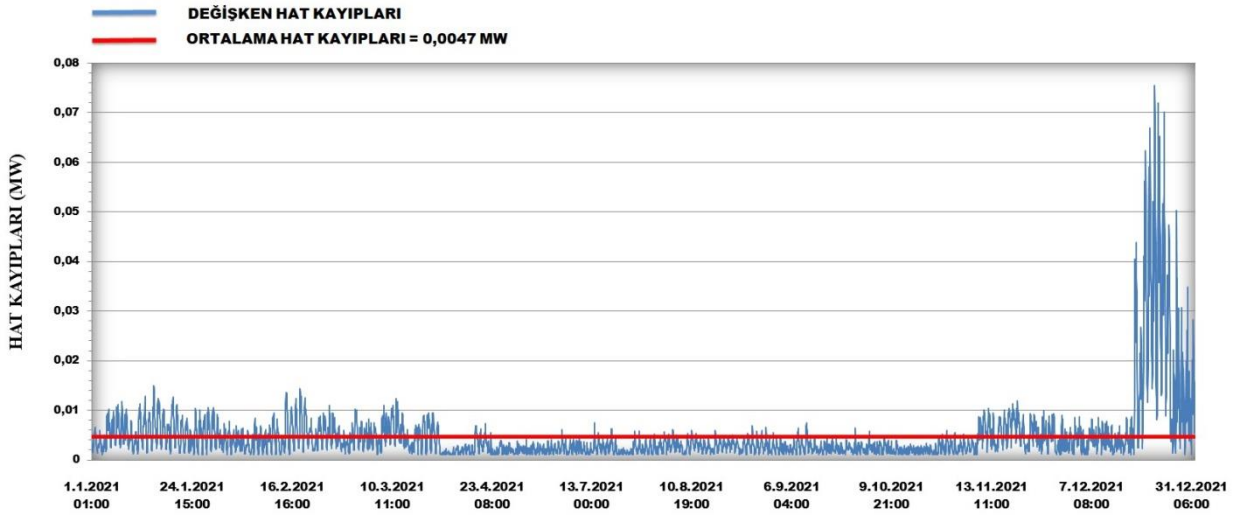
KÖYLER FİDERİ 2021 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN HAT YÜKLENMESİ DEĞİŞİM GRAFİĞİ




KÖYLER FİDERİ 2021 YILI HAWK İLETKENİ İÇİN HAT KAYIPLARI DEĞİŞİM GRAFİĞİ




KÖYLER FİDERİ 2021 YILI LISBON İLETKENİ İÇİN HAT KAYIPLARI DEĞİŞİM GRAFİĞİ



# ÖZGEÇMİŞ

| Kişisel Bilgiler | | |
|---|---|---|
| Adı Soyadı | Engin KIRAN | |
| Doğum Yeri | | |
| Doğum Tarihi | | |
| Uyruğu | | |
| Telefon | | |
| E-Posta Adresi | | |
| Web Adresi | | |

| | Eğitim Bilgileri |
|---|---|
| | **Lisans** |
| Üniversite | PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ |
| Fakülte | Mühendislik Fakültesi |
| Bölümü | Elektrik Elektronik Mühendisliği |
| Mezuniyet Yılı | 2009 |

| Yüksek Lisans | |
|---|---|
| Üniversite | BANDIRMA ONYEDİ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ |
| Enstitü Adı | Fen Bilimleri Enstitüsü |
| Anabilim Dalı | Elektrik – Elektronik Mühendisliği |
| Programı | Elektrik – Elektronik Mühendisliği Tezli Y. |

| Makale ve Bildiriler |
|---|
| E. Kıran, S. B. Efe, "Modern İletken Yapıları Kullanılarak ENH Kayıplarının Azaltılması," in 3rd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences, 2022, pp. 1390–1393. |