

## **DUMLUPINAR ÜNİVERSİTESİ MERKEZ KAMPÜSÜ ELEKTRİK ENERJİSİ KALİTESİNİN ÖLÇÜM SONUÇLARI**

Abdurrahman ÜNSAL<sup>1</sup>, N. Serdar TUNABOYLU<sup>2</sup>

**ÖZET :** Bu makalede Dumlupınar Üniversitesi Merkez Kampüsünde tüketilen elektrik enerjisinin kalitesi incelenmiştir. Çalışma kapsamında, kampüse sağlanan şebeke geriliminin ne zaman ve hangi sıklıkla belirlenen standartların dışına çıktığı ve kesintiye uğradığı incelenmiştir. Bu amaçla elektrik şebekesi gerilimindeki dalgalanmaları kaydeden beş adet voltaj kayıt cihazı kampüsün ana binalarına yerleştirilerek her binanın gerilimlerindeki dalgalanmalar kaydedilmiştir. Cihaz kayıtları, periyodik olarak bilgisayara aktararak incelenmiş ve dalgalanmaların en sık olduğu zamanlar ve süreleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Güç kalitesi, Sarkma, Taşma, Harmonik, Frekans dalgalanmaları

## **SURVEY RESULTS OF DUMLUPINAR UNIVERSITY'S MAIN CAMPUS POWER QUALITY MEASUREMENTS**

**ABSTRACT :** This paper analyzes the quality of the electric power consumed at the main campus of Dumlupınar University. In order to determine the date, time, and frequency of power quality events such as outages, sags, and swells five voltage event recorders were installed at the power entrance of five main buildings across the campus. The recorded data supplied by the voltage event recorders were periodically downloaded to a computer to identify the time stamp, duration, and the frequency of power quality events. It is intended to identify the causes of power quality events, and possible effects and to recommend possible solutions in order to maintain the quality of the power at a satisfactory level.

**Keywords:** Power quality, Sags, Swells, Harmonics, Frequency variations

---

<sup>1,2</sup> Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 43100, KÜTAHYA

## ***I. GİRİŞ***

Elektrik enerjisinin kalitesi gelişen teknolojiyle birlikte gün geçtikçe önemi artan bir konu haline gelmiştir. Geçmişte elektrik enerjisiyle çalışan cihazlar yapıları gereği çok hassas enerjiye ihtiyaç duymuyorlardı [1,2]. Ancak 1950'li yıllardan itibaren yarı-iletken malzemelerin elektrik sistemlerinde kullanılmaya başlanmasıyla birlikte elektrik enerjisinde kalite konusu önem kazanmaya başladı [3,4]. Gelişen yeni teknolojilerin ve nonlineer (doğrusal olmayan) yüklerin modern enerji sistemlerinde yoğun bir şekilde artarak kullanılmaları sonucu enerji kalitesi; enerji üreten şirketler, elektrik cihazlarını üreten şirketler ve elektrik enerjisi tüketicileri açısından önemli bir konu haline gelmiştir (Nonlineer yüklerde akımın dalga şekli gerilimin dalga şeklini takip etmez). Enerji kaynaklarının sınırlı olması, tüketimin sürekli artması ve fiyatların sürekli artması enerji kaynaklarının daha etkin ve verimli olarak kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bunun yanında günümüzde tüketici bilincinin artması da daha kaliteli bir enerji talebini doğurmuştur.

Günümüzde elektrik enerjisi kaynaklarının azalması ve enerji fiyatlarının sürekli artması elektrik enerjisinin daha verimli bir şekilde kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bunun bir sonucu olarak şebekeden sağlanan elektrik enerjisi bilgisayar, fax makinesi, fotokopi makinesi gibi birçok yüke güç elektroniği (güç konverterleri) devre elemanları vasıtasıyla yükün ihtiyaçlarını karşılayacak şekle (istenilen gerilimi, frekans ve akım değerlerine) dönüştürülmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte elektrik enerjisi hayatımızın her alanında, hem endüstriyel bazda hem ticari bazda ve hem de meskenlerde çok yaygın olarak tüketilmektedir. Günümüz yük tiplerine bakıldığında birçoğunun mikroişlemci tabanlı olduğu görülmektedir. Mikroişlemci tabanlı yüklerin hem çok kaliteli enerjiyle beslenmesi gerekir ve hem de aynı zamanda (kullandıkları anahtarlamalı konverterlerden dolayı) güç kalitesi problemlerinin kaynağını oluşturmaktadırlar. Bu tür yükler genelde nonlineer yükler veya devre elemanları olarak tanımlanırlar [5,6]. Doğrusal olmayan yüklerin geniş bir şekilde kullanılmaya başlanması elektrik güç sistemlerinde güç kalitesi problemine özellikle harmonik kirliliğine sebep olmaktadır. Bunun sonucu olarak tüketiciye verilen enerjinin kalitesi önemli ölçüde olumsuz olarak etkilenmektedir. Harmonikler gerilimin dalga şeklini bozmakta ve enerji sistemlerinde birçok problemlere sebep olmaktadır. Enerji hatlarındaki kayıpların artması, elektronik-tabanlı kontrol sistemlerinin hatalı çalışması, enerji hatlarının yakınından geçen

haberleşme sistemlerinin olumsuz yönde etkilenmesi, elektrik makinelerinde aşırı ısınma, gürültülü çalışma ve mekanik salınımlar bu problemlere örnek olarak verilebilir [5].

Güç kalitesi problemlerinin tespit edilmesi, sebeplerinin belirlenmesi ve muhtemel sonuçlarının ortaya çıkarılması için saha çalışmalarının yapılması gerekir. Dünyanın değişik bölgelerinde bu amaçla yapılmış birçok çalışma mevcuttur [7-11]. Bu çalışmada Dumlupınar Üniversitesi için güç kalitesi saha çalışması yapılmıştır.

Dumlupınar Üniversitesinde kullanılan yük tiplerine bakıldığında büyük çoğunluğunun nonlineer yük tipleri olduğu görülmektedir. Gerek akademik gerekse idari personelin kullandığı bilgisayarlar, risografi makineleri, fotokopi makineleri, fax cihazları, araştırma hastanesinde kullanılan medikal cihazlar ve araştırma laboratuvarlarında değişik amaçlarla kullanılan cihazlar doğrusal olmayan yüklere örnek olarak verilebilir. Bu tip cihazların çok kaliteli elektrik enerjisiyle beslenmesi gerekir. Özellikle dalga şekli bozulmuş enerjiyle beslenmeleri cihazların bozulmasına sebebiyet verebilir. Enerji kesintileri (özellikle kış aylarında) hem bu hassas cihazlara zarar verebilir ve hem de önemli ölçüde iş/zaman kaybına sebebiyet verebilmektedir [10,11]. Özellikle araştırma hastanesinde beklenmedik bir zamanda meydana gelebilecek bir enerji kesintisi hastaların hayatlarını tehlikeye düşürebilir. Bilgi işlem merkezinde veya bütçe dairesinin verilerinin kayıtlı olduğu bilgisayarların güç beslemesinde meydana gelebilecek bir dalgalanma istenmeyen sonuçları doğurabilir. Öğrenci kayıtlarının muhafaza edildiği bilgisayarlarda meydana gelebilecek bir enerji dalgalanması telafisi güç olan veri kaybı sonuçlarını doğurabilir. Bu çalışma bu tür muhtemel kayıpların önceden önlenmesini hedeflemektedir. Çalışma kapsamında merkez kampüsteki enerji altyapısını olumsuz olarak etkileyen faktörlerin araştırılması, kesintilerin sebeplerinin tespiti ve asgari düzeye indirmek için gerekli işlemlerin tespit edilmesi hedeflenmektedir.

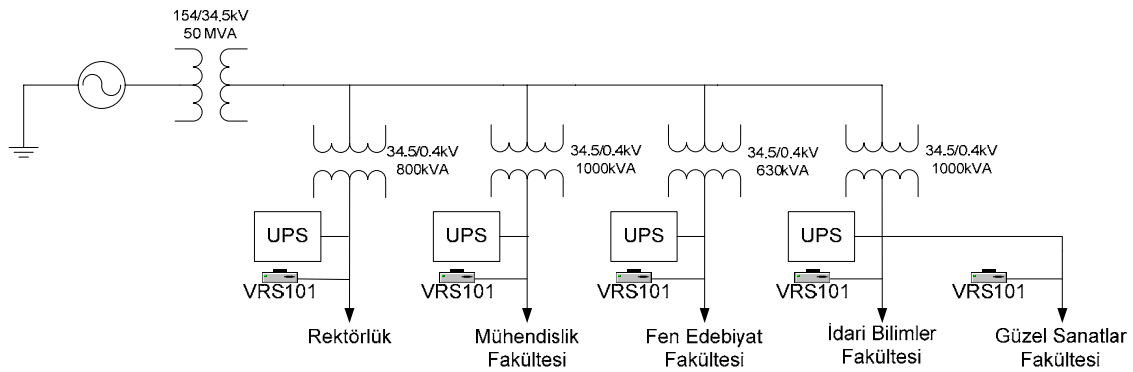
## ***II. SAHA ÇALIŞMALARI***

Dumlupınar Üniversitesinin elektrik enerjisi besleme şeması Şekil 1'de görülmektedir. Kampüsün ana beslemesi 154kV gerilim ile yapılmaktadır. Ana beslemeden gelen 154 kV'luk gerilim bir adet 50MVA transformatör ile 34,5 kV'a düşürülmektedir. Kampüs içinde bulunan ana binalar (Rektörlük, Mühendislik Fakültesi, Fen Edebiyat Fakültesi ve İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi) 34,5 kV enerji ile beslenmektedir. Her binanın besleme gerilimi kendisine

ait bir transformatör ile 380/220 Volt gerilime düşürülmektedir. Her binanın kendisine ait dizel jeneratör tipi bir kesintisiz güç kaynağı (KGK) mevcuttur. Güzel Sanatlar Fakültesi binasının kendine ait transformatörü ve kesintisiz güç kaynağı olmayıp İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi üzerinden beslenmektedir. Kampüs içinde sadece Rektörlük binasında dizel jeneratöre ek olarak bir adet 160 kVA'lık on-line KGK mevcuttur. Bu KGK ile binadaki belirli hassas yükler beslenmektedir. Dizel jeneratörlerin tepki süresi 10 saniye olarak ayarlanmıştır. Her binanın kendisine ait kompanzasyon ünitesi mevcuttur. Her kompanzasyon ünitesi on kademeli bir röle ile kontrol edilmektedir. Transformatörlerin anma güçleri, kompanzasyon kapasiteleri ve KGK'ların kapasitesi Çizelge 1'de verilmektedir.

**Çizelge 1.** Transformatör yük değerleri

Bina adı	Transformatör gücü	Kompanzasyon kapasitesi	Kesintisiz güç kaynağı kapasitesi
Rektörlük	800 kVA	387 kVAR	500 kVA
Mühendislik Fakültesi	1000 kVA	317.5 kVAR	550 kVA
Fen Edebiyat Fakültesi	630 kVA	180 kVAR	104 kVA
İdari Bilimler Fakültesi	1000 kVA	530 kVAR	275 kVA



**Şekil 1.** Kampüs besleme şeması

Yapılan saha çalışmalarında toplanan verilerin toplanma şekli ve raporlama şekli çok önemlidir. Toplanan veriler cihazdan cihaza farklılıklar gösterebilir. Farklı cihazlarla yapılan ölçümlerin aynı sonucu vermesi için 2003 yılında IEC 61000-4-30 standardı yayınlandı. Bu standart güç kalitesinin izlenmesini ve ölçülmesini düzenlemektedir [12,15]. Standardın yayın tarihinden sonra

üretileen güç kalitesi cihazları standarda uyumlu olarak üretilmektedirler. Ancak bu çalışmada veri toplama amacıyla kullanılan cihazlar IEC 61000-4-30 standardına uyumlu değildir.

Çalışma kapsamında kampüsün beş ayrı ana binasına bir fazlı voltaj kayıt cihazı (Şekil 2) bağlanarak besleme geriliminde meydana gelen dalgalanmalar kaydedilmiştir. Şebekede enerji kesintisi meydana geldiği zaman 10sn içinde jeneratör devreye girmektedir. Dolayısıyla voltaj kayıt cihazı şebekedeki enerji kesintilerini iki defa kaydetmektedir. Veri kayıtları incelendiğinde bu husus göz önünde bulundurulmuştur. Rektörlük binasında bazı yükler on-line KGK tarafından beslendiğinden voltaj kayıt cihazının bağlı bulunduğu hat on-line KGK'nın bağlı olmadığı hattır. Voltaj kayıt cihazı yardımı ile yedi farklı değer kaydedilmiştir. Voltaj kayıt cihazı sadece kayıt anlarını (kayıt tarihi ve kayıt saati ile birlikte) kaydetmektedir. Kayıt cihazı kayıtlarını üç farklı kategoride gerçekleştirmektedir: Faz-nötr, nötr-toprak ve frekans sapmaları. Kaydedilen parametreler ve set değerleri aşağıda sırasıyla verilmiştir.



**Şekil 2.** Voltaj kayıt cihazı

### **2.1 Transient (Geçici Dalgalanma)**

Transient şebeke geriliminde (faz-nötr veya nötr-toprak arasında) meydana gelen hızlı gerilim dalgalanmalarıdır. Pozitif veya negatif olabilir. Transient gerilimi oldukça yüksek değerlere (yüzlerce volt) kadar çıkabilir. Transient süresi genelde bir periyottan (50 Hz'lik şebeke için 20ms) daha kısadır, hatta 1 µs kadar da kısa olabilir. Voltaj kayıt cihazı, bir periyottan kısa ve 1 µs'den daha uzun süreli dalgalanmaları (eşik değerini aşan) Transient olarak kaydetmektedir. Eşik değeri nötr-toprak hattı için 50V-2500V aralığında, faz nötr hattı için ise 100V – 2500V aralığında kullanıcı tarafından ayarlanabilir.

### 2.2 Swell (Taşma)

Swell şebeke geriliminde, en az yarım periyot süreyle meydana gelen gerilim yükselmeleridir. Gerilim yükselmeleri faz-nötr veya nötr-toprak arasında meydana gelebilir. Swell genelde 100V'tan daha düşük değerlerde olur ve birkaç periyottan birkaç saniyeye kadar sürebilir. Voltaj kayıt cihazı bir periyottan uzun süren ve eşik gerilimini aşan artışları swell olarak kaydeder. Eşik değer nötr-toprak hattı için 3V-200V aralığında, faz nötr hattı için ise 210V – 400V aralığında kullanıcı tarafından ayarlanabilir.

### 2.3 Sag (Sarkma)

Sag şebeke geriliminde, en az yarım periyot süreyle meydana gelen gerilim düşmeleridir. Sag sadece faz-nötr arasında ölçülür. Genelde, nominal gerilimden birkaç volt ile 100V'a kadar olan gerilimlerdir. Şebeke gerilimi eşik değerinin altına düştüğü anda voltaj kayıt cihazı Sag olarak kaydeder, ancak gerilim 70V'un altına düşerse voltaj kayıt cihazı bu düşüşü enerji kesintisi olarak kaydeder. Eşik değer faz-nötr hattı için ise 140V – 400V aralığında kullanıcı tarafından ayarlanabilir.

### 2.4 Frekans dalgalanmaları

Frekans dalgalanmaları şebeke frekansında geçici olarak meydana gelen ve nominal frekanstan (50Hz) düşük veya yüksek değerli frekans sapmalarıdır. Frekans sapmalarının süresi genelde birkaç periyottan birkaç dakikaya kadar sürebilir. Eğer şebeke frekansı eşik değerinin altına düşerse veya üstüne çıkarsa voltaj kayıt cihazı frekans dalgalanmasını kaydeder. Eşik değer 50Hz sistemler için 49-51, 60Hz sistemler için 59-61Hz aralığıdır.

Voltaj kayıt cihazının kaydettiği değerler şunlardır:

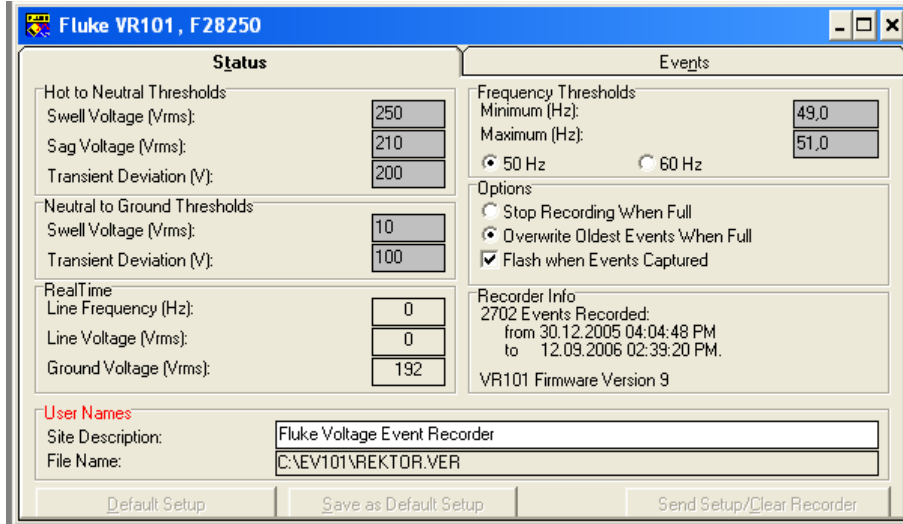
- 1) Faz nötr arası
  - a) Enerji kesintisi
  - b) Taşma
  - c) Sarkma
  - d) Transient
- 2) Nötr toprak arası
  - a) Taşma
  - b) Transient
- 3) Frekans sapmaları

Kayıt cihazının yukarıda anılan hataları kaydetmesi için önceden ayarlanması gerekir. Kayıt cihazı sadece anormallikleri kaydetmektedir. Bunun için cihaza önceden normal değerler ve eşik değerler kaydedilmelidir (Çizelge 2).

**Çizelge 2.** Cihaz ayar değerleri

Faz-Nötr gerilim ( $220V_{RMS}$ )	Nominal Değer	Eşik değer ( $RMS$ )	
Taşma		250V	
Sarkma		210V	
Transient		$\pm 200V$	
Nötr-Toprak		(Normal değeri 0V)	
Taşma		10V	
Transient		100V	
		Max değer	Min. Değer
Frekans Sapmaları	50Hz	51Hz	49Hz

Cihaz şebekedeki gerilim ve frekans değerlerini sürekli olarak ölçmektedir. Ölçülen değer gerçek zamanlı olarak normal değerlerle karşılaştırılmaktadır. Eğer kaydedilen gerilim ve/veya frekans değeri normal tolerans değerinin dışına çıkmışsa (tarihi ve saati ile birlikte), ilgili değer hafızaya kaydedilmektedir. Kaydedilen değer normal sınırlar içerisinde kalmışsa kaydedilmemektedir. Cihaz 4000 adet kaydı hafızasında tutma kapasitesine sahiptir. Hafıza dolduğu zaman en son değer kaydedilip en eski kaydedilen değer hafızadan silinir. Voltaj kayıt cihazı normal enerjisini şebekeden almaktadır. Şebeke enerjisi kesildiği zaman bataryasından beslenmektedir. Cihazın hafızasında kaydettiği değerler optik ara yüz kablosu yardımıyla bilgisayara analiz amacıyla aktarılmaktadır. Şekil 3'te cihazın eşik set değerleri görülmektedir.



Şekil 3. Voltaj kayıt cihazı set (ayar) değerleri.

Cihaz kaydettiği arızaları meydana geliş sırasına göre kaydetmektedir. Şekil 4'te cihazın kaydettiği değerler görülmektedir. Birinci sütun problem sırasını göstermektedir. İkinci sütun problemin başlangıç tarihini ve saatini göstermektedir. Üçüncü sütun problemin tipini göstermektedir. Dördüncü sütun problemin büyüklüğünü göstermektedir. Beşinci sütun ise problemin bitiş zamanını/süresini/açısını göstermektedir.

Event #	Start Time	Event	Extreme	End time/Duration/Degree
13	05.07.2000 02:46:08 PM	1 H-N Transient	+390 Vp	90°
12	05.07.2000 02:46:08 PM	1 H-N Transient	+390 Vp	90°
11	05.07.2000 02:46:08 PM	1 H-N Transient	+390 Vp	90°
10	05.07.2000 02:46:08 PM	1 H-N Transient	+390 Vp	90°
9	05.07.2000 02:46:00 PM	1 H-N Transient	+390 Vp	90°
8	05.07.2000 02:46:00 PM	1 H-N Transient	+390 Vp	90°
7	05.07.2000 02:46:00 PM	1 H-N Transient	+390 Vp	90°
6	05.07.2000 02:46:00 PM	1 H-N Transient	+390 Vp	90°
5	05.07.2000 02:46:00 PM	1 H-N Transient	+390 Vp	90°
4	05.07.2000 02:46:00 PM	N-G Swell	18 Vrms	11,0 cycles
3	05.07.2000 02:46:00 PM	Outage	0 Vrms	10,0 cycles
2	05.07.2000 02:46:00 PM	H-N Sag	86 Vrms	10,0 cycles
1	05.07.2000 02:46:00 PM	H-N Swell	151 Vrms	10,5 cycles

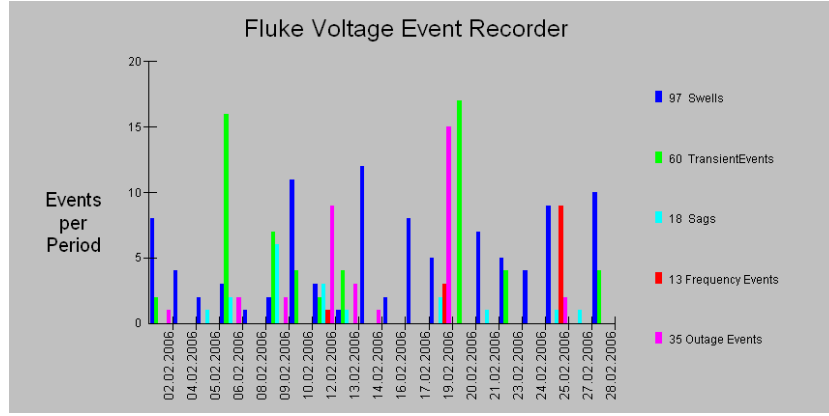
Şekil 4. Voltaj kayıt cihazının kayıt dosyasından bir örnek.



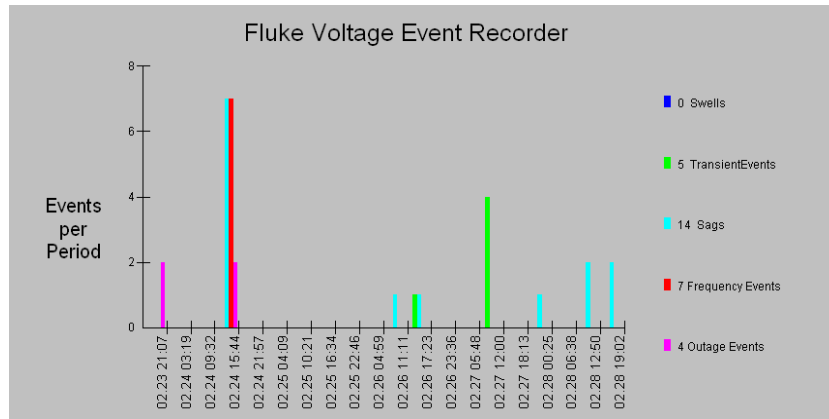
### **III. ELDE EDİLEN VERİLER VE YORUMLAR**

Bu çalışmada Dumlupınar Üniversitesinin Merkez Kampüsünde meydana gelen elektrik güç kalitesi problemlerinin tespiti ve meydana gelebilecek muhtemel arızalar ve olumsuz durumların önlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla kampüsün beş ana binasına voltaj kayıt cihazları yerleştirilerek besleme geriliminde meydana gelen dalgalanmalar gözlenmiş ve kaydedilmiştir. Voltaj kayıt cihazının ölçtüğü değerlerin tamamı incelenerek değerlendirilmiştir. Hassas cihazlara zarar verebilecek kayıtlar incelenerek hassas yüklerin tolerans değerleri içinde olup olmadıkları analiz edilmiştir. Kaydedilen veriler çok olduğu için (bir yıllık) aşağıda seçilen bazı çarpıcı örnek kayıtların grafikleri verilmiştir. Ancak kaydedilen veriler içerisinde en çarpıcı olan verilerden birer grafiksel örnek olarak seçilmiştir.

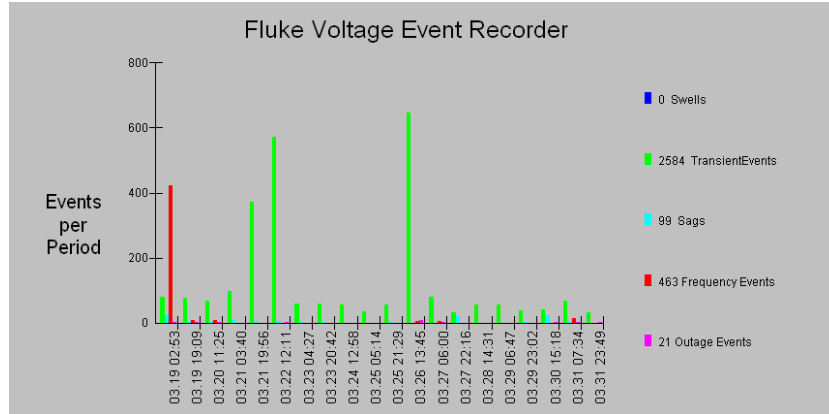
- Bütün binalarda eşdeğer sayıda enerji kesintileri tespit edilmiştir.
- Kampüsün bütün binalarında oldukça çok sayıda transient kaydedildiği görülmektedir. Şekil 5 incelendiğinde Rektörlük binasında Şubat 2006 yılında 60 adet transient kaydedilmiştir.
- Rektörlük binasında önemsenecek sayıda frekans dalgalanmaları tespit edilmiştir (Şekil 5).
- Rektörlük binası kayıtları ve Güzel Sanatlar Fakültesi kayıtları incelendiğinde oldukça çok sayıda taşma kaydedildiği görülmektedir (Şekil 5, 9).
- Fen Edebiyat Fakültesi, İdari Bilimler Fakültesi, Güzel Sanatlar Fakültesi ile Mühendislik Fakültesi kayıtları incelendiğinde yok denecek kadar az sayıda taşma kaydedildiği görülmektedir (Şekil 6,7,8).
- Rektörlük binası, Fen Edebiyat Fakültesi, İdari Bilimler Fakültesi, ve Güzel Sanatlar Fakültesi kayıtları incelendiğinde çok sayıda sarkma kaydedildiği görülmektedir (Şekil 5,6,7,9).
- İdari Bilimler, Mühendislik ve Güzel Sanatlar Fakültelerinde transient eventler domine etmektedir. (Şekil 7-8-9).
- Kaydedilen transient gerilimleri çok yüksek değerlere kadar çıkabilmektedir. Şekil 10'da Mühendislik fakültesinde kaydedilmiş bir transient dalga şekli görülmektedir.



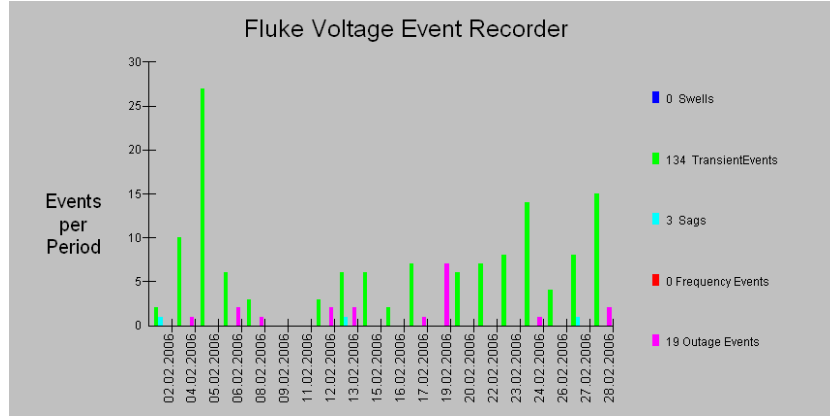
Şekil 5. Rektörlük binası kayıtları (Şubat 2006)



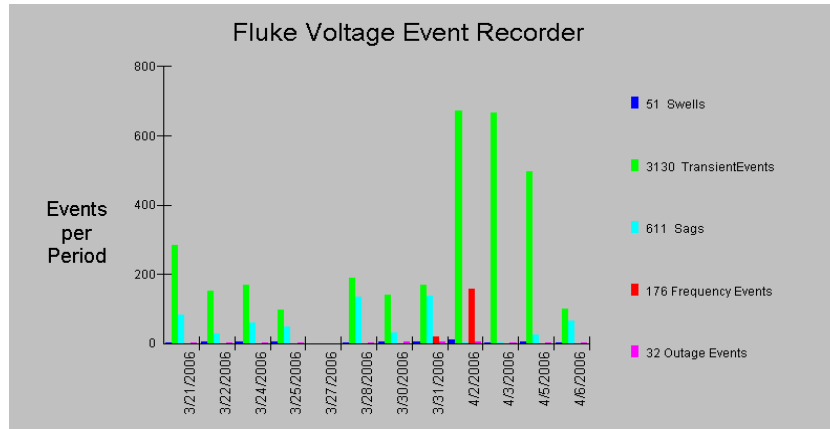
Şekil 6. Fen Edebiyat Fakültesi kayıtları (Şubat 2006)



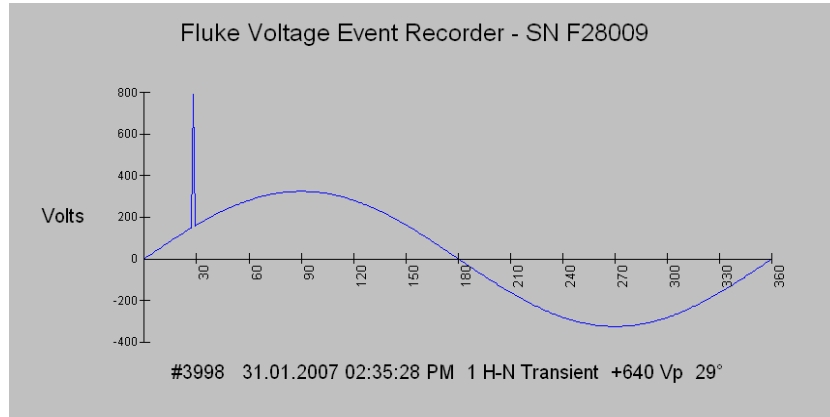
Şekil 7. İdari Bilimler Fakültesi kayıtları (Mart 2006).



Şekil 8. Mühendislik Fakültesi kayıtları (Şubat 2006)



Şekil 9. Güzel Sanatlar Fakültesi kayıtları (Mart-Nisan 2006)



Şekil 10. 31.01.2007'de Mühendislik Fakültesinde kaydedilmiş transient (faz-nötr)

Elektrik cihazlarının şebekedeki dalgalanmalarına olan dayanıklılıkları genelde üretici firmaları tarafından tavsiye edilir. Kampüste bulunan hassas yükler incelendiğinde (araştırma hastanesi hariç); hassas yük olarak nitelenebilecek yüklerin tamamına yakınının değişik birimlerde değişik amaçlarla kullanılan bilgisayar yükleri oluşturmaktadır. Bilgisayarlar da aşağıda verilen tolerans değerlerinde zarar görmeden çalışabilirler:

**Taşma**

- Normal gerilim değerinden %10 daha yüksek ve sürekli gerilim değerleri
- Normal gerilim değerinden %30 daha yüksek 0,5 sn'den kısa süreli gerilim değerleri

**Sarkma**

- Normal gerilim değerinden %10 daha düşük ve sürekli gerilim değerleri
- Normal gerilim değerinden %30 daha düşük ve 0,3 sn'den kısa süreli gerilim değerleri
- Dört milisaniyeye kadar olan gerilim kesintileri

**Transient**

- Normal sinüsoidal şebeke gerilimini değerinin  $\pm\%150$  değerinden az olan ve 0,2 ms daha kısa süreli olan gerilim değerleri

**Frekans dalgalanmaları**

- $\pm\%1$  Frekans sapmaları

**Güç kalitesi problemlerinin sebepleri:****Taşma**

- Yıldırım düşmesi
- Yüksek güç çeken cihazların devre dışı kalması
- Devreye ani güç verme
- Şebekedeki anahtarlama (Güç kompanzasyon ünitelerinin devreye girip çıkması)

**Sarkma**

- Ani yük artışları
- Şebekede meydana gelen kesintiler
- Yüksek güçteki motorların ani olarak devreye alınması
- İletim hatlarında meydana gelen kontak arızaları
- Topraklama hataları/arızaları
- Cihaz arızaları
- Diğer doğal sebepler

**Transient**

- Yüklerin devreye girip çıkması
- Şebekedeki anahtarlama (Güç kompanzasyon ünitelerinin devreye girip çıkması)
- Bilgisayar yükleri
- Arıza giderme
- Güç kompanzasyon kondansatörleri
- Yıldırım düşmeleri

**Frekans Dalgalanmaları**

- Yüksek güçteki yüklerin devreye alınması
- Şebekedeki anahtarlama (ana şalterlerin açılıp kapanması)

**Güç kalitesi problemlerinin sebep olduğu zararlar:**

Güç kalitesi problemleri (büyüklüğüne meydana geliş frekansına bağlı olarak) elektrik sistemlerindeki hassas elektronik cihazlarda veri kaybına ve cihazlarda kalıcı arızalara sebep olabilir. Aşağıda güç kalitesi problemlerinin elektrik sistemindeki çeşitli hassas cihazlara verdiği zararlar verilmektedir.

**Taşma**

- Işıklandırma sistemlerinde görülen dalgalanmalar (flicker)
- Bilgisayar arızaları
- Güç koruma cihazlarında bozulmalar

**Sarkma**

- Cihazların devre dışı kalması
- Güç kaynakları koruma devrelerinin arızalı çalışması
- Bilgisayarların kilitlemesi
- Veri hataları (disk sürücülerinin hızlarının azalması)

**Şebeke gerilimi kesintileri**

- Veri kaybı
- Cihazların devre dışı kalmaları
- Bilgisayarların kilitlemesi
- Zamanlayıcı hataları

**Transient**

- Elektronik cihaz ve/veya devre arızaları
- Transformatörlerde ve motorlarda izolasyon bozulmaları
- Veri kaybı ve/veya veri hataları

**Frekans Dalgalanmaları**

- Hatalı zaman ölçümleri
- Elektronik yazıcı cihazlarında (manyetik teyp, disk sürücüler) yazım hataları

Yukarıdaki hususlar göz önünde bulundurularak kampüste elde edilen sonuçlar incelenerek aşağıdaki ön-sonuçlara varılmıştır: Kaydedilen problemlerin muhtemel sebeplerinden bir tanesi her binada kurulu olan güç kompanzasyon ünitelerinin devreye girip çıkmasıdır. Bunun ana sebebi kampüste çok yaygın olarak kullanılan doğrusal olmayan yükler ve topraklama hattının yüksek direncidir. Her birimde beklenenin çok üzerinde enerji kalitesi olayı olmuştur. Bazı aylarda (Aralık, Ocak, Şubat) tabiat şartları kesintilerde en önemli etkindir. Ancak diğer aylardaki enerji kalitesi olaylarında, besleme şebekesindeki anahtarlamalar daha etkindir. Bu nedenle bulundurulmuş dizel-jeneratörlerin devreye zamanında girip çıkmadığının da etkisi ayrıca incelenmelidir. KGK'ların etkinliğinin de benzer şekilde incelenmesi gerekir.

Bu inceleme sonucunda, DPÜ Merkez Kampüsünün enerji kalitesinde ciddi problemler olduğu aşikârdır. Dizel-Jeneratör gecikmeli devreye girdiği için problemi tamamen bertaraf edememektedir. Hassas yüklere sahip her bölüm için ayrı ayrı temin edilecek uygun kapasitede KGK'larla enerji kalitesi çok daha iyi hale getirilebilir. Enerji kesintilerinin belirli bir kısmı da arıza giderme veya bakım gibi planlı kampüs içi kesintilerdir. Bunların

tarihini/zamanını/süresini gösteren veriler mevcut olmadığından kayıtlarda güç kalitesi problemleri olarak görülmektedirler. Ayrıca TEDAŞ ile anlaşarak müstakil bir 154/34.5kV fider hattı ile kampüs beslenebilir.

Eldeki sonuçların devam eden kayıtlarla doğruluk derecesi artırılmalıdır. Bu nedenle veri kayıtlarının takibi çok önemlidir. Daha uzun süreli verilerle daha sağlıklı analiz yapma imkânı vardır. Bu nedenlerden dolayı, tüm cihazlarla kayıtlara devam etmektedir. Çok cihaz arızasının olmaması (veya rapor edilmemesi) problemlerin meydana gelmediği anlamına gelmemektedir. Kayıtlar incelendiğinde besleme geriliminde ciddi kalite problemleri görülmektedir. Şebeke gerilimde meydana gelebilecek muhtemel tüm güç kalitesi problemlerinin meydana geldiği görülmektedir. Bu amaçla kullanıcılara özellikle akademik personele enerji dalgalanmalarıyla ilgili memnuniyet anketleri yöneltilerek problemlerin hissedilebilen ve algılanan boyutu daha iyi ölçülebilir.

#### ***IV. SONUÇ***

Bu çalışmada Dumlupınar Üniversitesi Merkez Kampüsünde tüketilen elektrik enerjisinin kalitesinin belirlenmesi için beş adet voltaj kayıt cihazı kampüs alanındaki beş ana binaya bağlanmıştır. Voltaj kayıt cihazları yardımıyla besleme şebekesinde meydana gelen kesinti, sarkma, geçici dalgalanma ve frekans dalgalanmaları ölçülmüştür. Her binanın girişinde bir adet motor-jeneratör tipi KGK bulunmaktadır. KGK'lar gecikmeli olarak devreye girip çıktığından dolayı kayıt cihazları her enerji kesintisini iki defa kaydetmişlerdir. Bu husus göz önünde bulundurularak kayıtlar incelendiğinde bütün binalarda eşdeğer sayıda enerji kesintileri kaydedilmiştir. Kesintilerin belirli bir kısmı planlı bakım onarım amaçlıdır. Ancak bunların kayıtları üniversitede bulunmadığından dolayı kayıtlarda arıza olarak gözükmemektedir. Kampüsün bütün binalarında oldukça çok sayıda transient kaydedilmiştir. Kaydedilen transient gerilimleri çok yüksek değerlere (800V'a) kadar çıkabilmektedir. Kayıtlar incelendiğinde arızaların bazı aylarda daha çok kaydedildiği görülmektedir. Bu da tabiat şartlarının arızalara etki ettiğini göstermektedir. Tüm kayıt verileri incelendiğinde besleme geriliminde ciddi kalite problemleri görülmektedir. Kalite problemlerinin olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için hassas yükler sahip ayrı ayrı temin edilecek uygun kapasitede on-line KGK'larla beslenerek

enerji kalitesi çok daha iyi hale getirilebilir. Meydana gelen arızaların birçoğu Üniversiteyi besleyen 154/34.5 kV ana fider hattından kaynaklanmaktadır. TEDAŞ ile anlaşarak müstakil bir 154/34.5 kV fider hattı ile kampüs beslenerek enerji kalitesi bir miktar yükseltilebilir.

## V. KAYNAKLAR

- [1] R.C. Dugan, M.F. McGranaghan and H. Wayne, “*Electrical Power Systems Quality*,” Second Edition, McGraw-Hill, New York, 2002.
- [2] M.H.J. Bollen, “*Understanding Power Quality Problems*,” First Edition’ IEEE Press, New York, 2000.
- [3] J. Stones and A. Collinson, “Power Quality”, *Power Engineering Journal*, pp. 58-64 2001.
- [4] B.E. Kushere, A.A. Ghatol and T.N. Date, “Power Quality Survey of 33 KV Indian Industrial Supply System:Results and Remedial Actions,” Proceedings of The 8th International Power Engineering Conference (IPEC 2007).
- [5] T. Tanaka, N. Koshio, H. Akagi, and A. Nabae, “Reducing supply current harmonics,” IEEE Industry Applications Magazine, pp. 31-37, September/October 1998.
- [6] Y.H. Yan, and C.S. Chen, “Harmonic analysis for industrial customers,” *IEEE Transactions on Industry Application*, vol. 30, no. 2, pp. 462-468, March/April 1994.
- [7] R.Targosz & J. Manson, “Pan-European Power Quality Survey,” *9th International Conference on Electric Power Quality & Utilization*, Barcelona, 9-11 October, 2007.
- [8] A. Prudenzi, M.C. Falvo, & S. Mascitelli, “Power Quality Survey on Italian Industrial Customers: Paper Industries,” *Power and Energy General Meeting-Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century*, 20-24 July 2008.
- [9] P.K. Lim, “Power Quality, From Source to Socket,” 2004 International Conference on Power System Technology - *POWERCON 2004* Singapore, 21-24 November 2004.
- [10] R. Lamedica, G. Esposito, E. Tirani, D. Zanielli, & A. Prudenzi, “A Survey on Power Quality Cost in Industrial Customers,” 08-0738-0636-7646-732/0-7, IEEE 2001.
- [11] G. Li, M. Zhou, B. Zhang, & J. Yang, Economic Assessment of Voltage Sags Based on Quality Engineering Theory,” *IEEE Power Tech*, Lausanne, 2007.



- [12] V.J. Gosbel, A. Baitch, & M.H.J. Bollen, “The Reporting of Distribution Power Quality Surveys,” *CIGRE/IEEE PES International Symposium on Quality and Security of Electric Power Delivery Systems*, 8-10 October 2003, pp.48-53.
- [13] S. Elphick, V. Gosbell, & S. Perera, “The Effect of Data Aggregation Interval on Voltage Results,” *AUPEC 2007*, Perth, Western Australia, 9-12 December, 2007.
- [14] R. Neumann, “The importance of IEC 61000-4-30 Class A for the Coordination of Power Quality Levels,” *9th International Conference on Electric Power Quality & Utilization*, Barcelona, 9-11 October, 2007.
- [15] A. Broshi, “Monitoring Power Quality Beyond EN 50160 and IEC 61000-4-30,” *9th International Conference on Electric Power Quality & Utilization*, Barcelona, 9-11 October, 2007.