



**Alınış tarihi (Received):** 11.10.2017  
**Kabul tarihi (Accepted):** 21.11.2017

**Baş editor/Editors-in-Chief:** Ebubekir ALTUNTAŞ  
**Alan editörü/Area Editor:** Zafer DOĞAN

## **Fiber Optik Kablolarda Hat Birleştirme Hataları ve Kayıplara Olan Etkileri**

**Emrah ESER<sup>a,\*</sup> Murat UĞURLU<sup>b</sup>**

<sup>a,b</sup>Niksar Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, 60600, Tokat-Türkiye.  
e-mail: murat.ugurlu@gop.edu.tr  
Sorumlu yazar, e-posta: emrah.eser@gop.edu.tr

**ÖZET:** Bu çalışmada hızlı ve güvenli veri aktarımının en önemli unsurlarından biri olan fiber optik (FO) kabloların kayıpları araştırılmıştır. Buna ek olarak, 20 km uzunluğunda FO hattı kurulmuştur ve hatalı eklentiler ile makro bükme durumu deneysel olarak uygulanmıştır. Ek hatalarından tozlu, nemli, kesim açısı hatalı ekler ve U-Link bağlantısı kayıp değerleri optik zaman esaslı yansıtıcı (OTDR) FO ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Yapılan çalışma sonucunda minimum kayıp değeri elde etmek için operatörlerin ek işlemi ve montajı sürecinde dikkat etmesi gereken durumlar görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler** – Fiber optik 1, Ek hataları 2, Hat Kayıpları 3

### **Cable Joint Faults and Effects On Loss In Fiber Optic Wires**

**ABSTRACT:** In this study, losses of fiber optic (FO) cables, which are one of the most important elements of fast and secure data transmission, were investigated. In addition, 20 km long FO line was established and macro bending state was experimentally applied with faulty attachments. Additional errors, dusty, damp, faulty cut angles and U-Link link loss values were measured with the optical time-domain reflectometer (OTDR) FO measuring instrument. In order to achieve the minimum lost value in the result of the work done, the operators have to take care of the additional operation and the installation process.

**Keywords** – Fiber Optic1, Cable joint fault 2, Line losses 3

## **1. Giriş**

1970 yılından sonra FO iletişim hızla gelişmeye başlamıştır. Fiber iletişim daha önce bakır tabanlı sistemler tarafından gerçekleştirilen işlevlerin çoğunu üzerine almış olup, mevcut bakır uygulamalar ve artan kablosuz alt yapı ile birlikte çalışabilmektedir (Palais, 1988).

Dünya çapında gelişen teknoloji ile beraber veri aktarım ihtiyacı da aynı hızla artmaktadır. İstenilen hız ihtiyacını ve çoklu veri aktarımını sağlayan en önemli iletişim aracını şuan için FO alt yapılar oluşturmaktadır (Unverdi, Unverdi, 2006; Hocaoglu, Yücel, 2017). Büyük şirketler, üniversiteler ve devlet kurumları gibi büyük veri merkezleri olan kurumlar depolama alanı ağlarının yanında başka uygulamalara bağlantı sağlamak için bu ağ alt yapısını tercih etmektedir (Yetim, 2011).

Güvenilir iletişim, iletken olmaması, kolay kurulum, uzun mesafeli sinyal iletiminin yanında düşük veri kaybı FO sistemlerinin en büyük avantajlarını oluşturmaktadır(Sharma ve ark, 2013;URL-1,2017). Düşük veri kaybı özelliğine sahip olsa da FO iletişim araçlarında kayıplar da yaşanmaktadır.

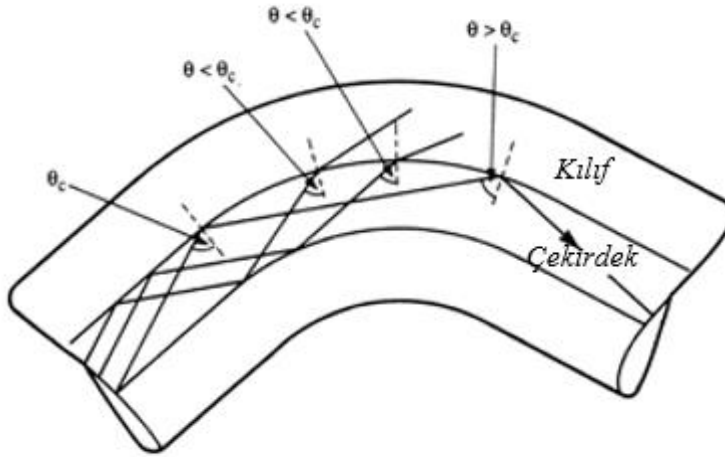
Yapılan bu çalışma ile FO kabloların istenilen menzillere ulaştırılması esnasında karşılaşılan kayıplardan ek kayıpları ve makro bükülme kayıpları deneysel olarak incelenmiştir.

FO kablo yalıtılmış bir muhafaza içerisinde cam elyaf liflerinden oluşmaktadır. Cam ve plastik malzemelerden yapılmakta ve daha çok camdan yapılmış FO kablolar tercih edilmektedir(Aydemir ve ark, 2003).

FO sistemlerin çalışması kablo içerisinde ışığın yansımaları prensibine dayanmaktadır. Işık kablo içerisinde yansıma yaparken çeşitli kayıplar ile karşılaşmaktadır. Dispersiyon ve zayıflama ana başlıkları altında kayıplar incelenir.

Dispersiyon ışık sinyalinin FO hattı boyunca bozulması ve yayılmasıdır. Zayıflama ise ışık sinyal gücünün giriş ile çıkış arasındaki azalmasıdır. Zayıflama hem hat boyunca hem de bağlantı noktalarında soğurum ve saçılma kayıplarından kaynaklanmaktadır. Hat boyu oluşan mikro ve makro bükülmeler kayıplara neden olmaktadır. Mikro bükülmeler üretim kaynaklı hatalardan makro bükülmeler ise FO kabloların tesis işlemlerinden oluşan hatalardan oluşmaktadır. Ayrıca bağlantı noktalarında oluşan kayıplar da zayıflamaya neden olmaktadır(Ükte,2002; Unverdi, Unverdi, 2006).

Makro Bükülmeler: Fiberin üzerinde keskin kıvrımlar oluşması gibi makroskobik etkiler nedeniyle optik göbekte ışığın kayba uğrayarak sinyalinin zayıflamasıdır. Makro bükülmeler aşağıda gösterilmiştir.



**Şekil 1.** Makro bükme yoluyla optik göbekten ışığın kırılması (Elliott ve Gilmore, 2002).

**Fig 1.** Breaking the light from the optical core by macro bending

Şekilde bir FO'nun keskin bükülmesi gösterilmekte ve yansıma açısı kritik açı değerinin altında olduğu zaman ışık iletimi kesilmektedir. Gelen ışık sinyalinin normal ile yaptığı öyle bir açı vardır ki bu açı değerinin üzerinde gelen ışık sinyali kırılma yerine yansıma yapar ve bu açıya da kritik açı denir. Bu açı, içinde ilerlediği ve yansıma yaptığı maddenin indisine bağlıdır. Kritik açı  $\theta_c$  ile gösterilir ve aşağıda verilen formül ile hesaplanır(Elliott ve Gilmore, 2002).

$$\sin \theta_c = \frac{n_1}{n_2}$$

Burada çekirdeğin indisi  $n_1$  ile kılıfın indisi  $n_2$  ile ifade edilmiştir.

Ek Kayıpları: FO ek noktalarında ek sırasında iki ucun bir biri ile bağlantı noktasında oluşan kayıplardır. Bu kayıplar Yanal ayarsızlık, Aralık ayarsızlığı, Açısal ayarsızlık ve Kusursuz olmayan yüzey olarak sınıflandırılabilir(Yetim, 2011).

## 2. Materyal ve Yöntem

Kilometrelerce uzunlukta olan FO hatlarda onlarca ek olabilmektedir. Her bir ek noktasında oluşan kayıplar birbirine eklenerek ve diğer kayıplar ile birleşerek hattın toplam kayıp değerini oluşturmaktadır. Bu nedenle ek kayıpları hattın toplam kaybında önemli bir yere sahiptir.

FO kablolarında kayıp değerleri ve güvenlik payı toplamı toplam gücün altında olmalıdır, aksi durumda sistem güvenli çalışmayabilir ve verim kaybı yaşanabilmektedir(Unverdi, Unverdi, 2006). Kayıp değerlerini belirlemek için ışık sinyali iletim hattı boyunca farklı noktalardan ölçülerek optik güç, polarizasyon ve spektral içerik gibi üç temel alan cinsinden karakterize edilmeye ihtiyaç duyulmaktadır. FO iletim hattı üzerinde bu tür ölçümlerin gerçekleştirilmesi için gerekli olan test düzeneğinin temel parçaları optik güç metre, zayıflatıcı, tünellenebilir laser kaynakları, spektrum analizörü ve OTDR'dır. OTDR'lar FO sistemlerde en çok ölçüm birimine sahip olan cihazlardır. Optik sistemlerde noktasal başarısızlıkların yanında iletim hattındaki zayıflamayı, hattın uzunluğunu, yansıtılabilirlik seviyesini, ek ve eklem kayıpları gibi parametre değerlerini ve arıza yerini göstermektedir(Tomita ve ark, 1994; Tillem, 2006; Sheng ve ark, 2011). Çeşitli koşullar altında FO kabloların montajı ve onarımı için çok sayıda teknik ve cihaz geliştirilmiştir. Teknikler genel olarak 3 gruba ayrılır: sonlandırma, mekanik birleştirici ve füzyon birleştirmedir(Wesson, 2010).

FO kablolarında ek işlemi ark füzyon cihazı ile yapılmaktadır. Ark füzyon cihazı iki iletim hattını karşılıklı olarak hassas ayar ile yaklaştırmakta ve ark boşaltımı ile ek işlemi gerçekleştirmektedir. Ek noktası kayıp değerleri cihazın ekranında görülmekte ve ek kayıp değeri 0.05 db değerini geçmemesi gerekmektedir(Wesson, 2010; Yoshida, 2017). Kusursuz olmayan yüzey kayıpları dışında ek işlemi yapılırken ark füzyon cihazı diğer hataları tespit etmekte ve uyarı vermek suretiyle hatanın düzeltilmesini istemektedir. Kusursuz olmayan yüzey durumunda cihaz her zaman uyarı vermeyebilir. Operatör bu durumlarda dikkatli olmalı ve ek işlemi kaliteli bir şekilde gerçekleştirmelidir. Ancak operatör hataları ve doğal nedenlerden dolayı ek kayıpları daha yüksek değerlerde oluşabilmektedir.

Yapmış olduğumuz deneysel çalışma şekil 2'de görülen 20 km FO iletim hattı ek işlemi yapılarak oluşturulmuştur. FO eklerin yapımında çeşitli aletler ve FO ark füzyon cihazı kullanılmıştır. Hat üzerindeki kayıplar ve çeşitli parametre değerleri OTDR cihazı ile ölçüm yapılarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Deneysel çalışma şeması

Fig 2. Experimental study scheme

### 3. Bulgular ve Tartışma

Ek işlemlerinin birçoğu arazi şartlarından dolayı açık havada veya tozlu ortamlarda gerçekleşmektedir. FO ekleri yapılırken kullanılan aletler ve cihazlar temiz olmazsa veya rüzgârlı bir ortamda ek işlemi yapılır ise FO elyaf lifleri eklenirken üzerinde toz olabilmektedir. Bu durumlarda ek işlemi gerçekleştirilmemeli ve elyaf lifler temizlenerek ek yapılmalıdır. Fakat bazen tozlu ekte yapılmaktadır.

#### 3.1. Tozlu elyafli ek yapımı

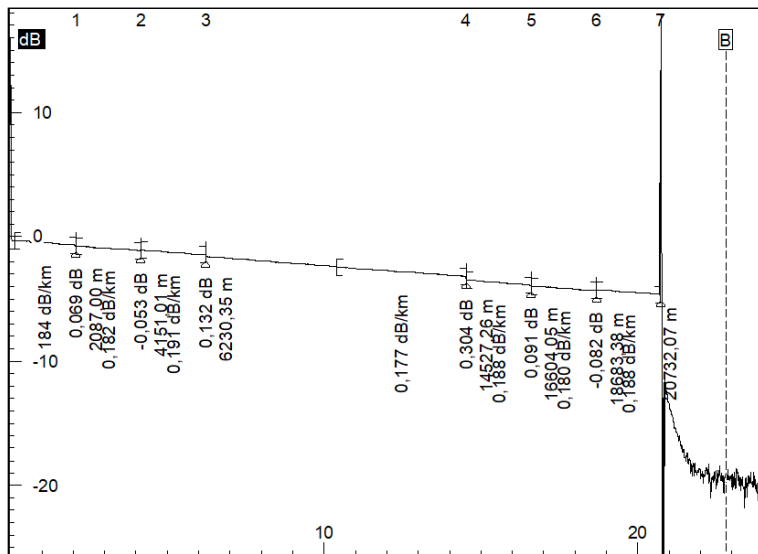
Temizlenmemiş tozlu bırakılmış elyaf lifler ile ek yapımı gerçekleştirilmiş olup ölçüm ve ek durumu görüntüleri aşağıda verilmektedir.



Şekil 3. Tozlu ek yapımı

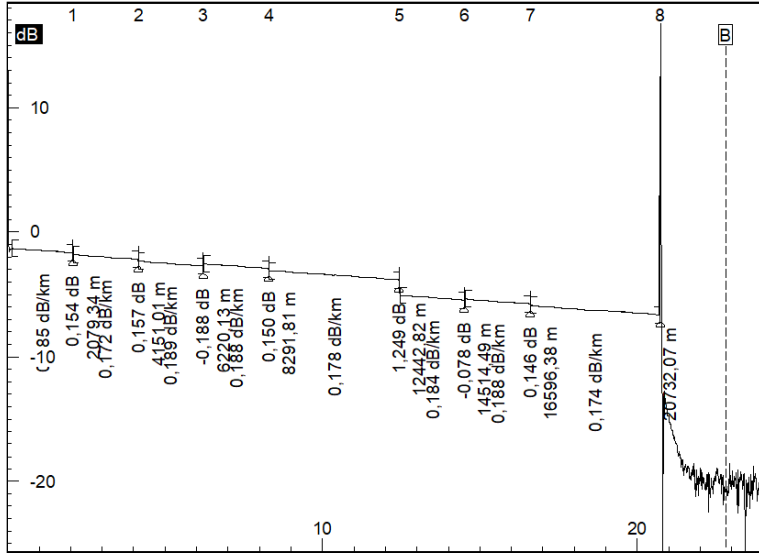
Fig 3. Dusty cable joint

Şekil 3’de tozlu ek yapılmış bir elyaf lif görülmektedir. Operatör sadece ekranda yazan kayıp miktarına göre karar verip bu eki sağlam kabul edebilir. OTDR ile yapmış olduğumuz ölçüm sonucu ek noktasında oluşan kayıp değerinin ekranda okunan değerden fazla olduğu görülmektedir.



Şekil 4-a. Hat başında OTDR ile tozlu ek yapımının ölçümü

Figure 4-a. Dusty cable joint measurement with OTDR in head of line



Şekil 4-b. Hat sonunda OTDR ile tozlu ek yapımının ölçümü

Figure 4-b. Dusty cable joint measurement with OTDR in end of line

Şekil 4-a ve 4-b’de görüldüğü üzere hattın başlangıç ve bitiş noktalarından ölçüm yapılmaktadır. Hat başı ve sonundan ölçüm yapılarak aritmetik ortalama ile kayıp değerleri hesaplanmaktadır. OTDR ile yapılan ölçüm işlemi sonucunda ek noktasındaki kayıp değeri 0,674 dB olarak hesaplanmaktadır. Bu kayıp değeri cihaz ekranında yazan değerden oldukça fazla ve müsaade edilen ek kaybı değerinin de oldukça üzerinde bir değer olarak görülmektedir. Bu ek noktasının kırılarak ek işleminin yenilenmesi gerekmektedir.

### 3.2. Kesim hatalı ek yapımı

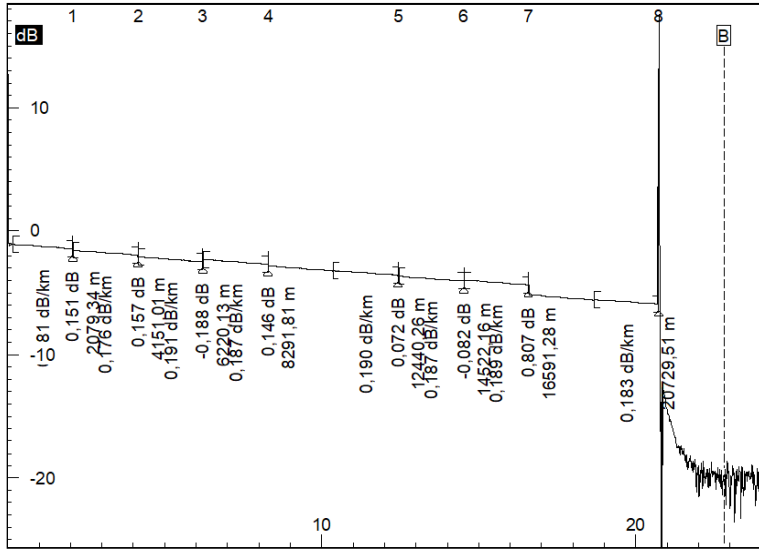
Ek işlemi yapılırken elyaf liflerin düz bir açı ile birine paralel olacak şekilde pürüzsüz olarak kesilmesi gerekmektedir. Kesici ile yapılan kesim işleminde eğer elyaf lif kesiminde hata var ise FO ark füzyon cihazı bize uyarı verir ve kesim işleminin yenilenmesini ister. Ancak bazen küçük pürüzleri algılamayabilir, doğal olaylar ve cihazda oluşabilecek mekanik hatalardan kaynaklı ek işlemi hataları oluşabilmektedir. Ark füzyon cihazı ekranından okunan kayıp değeri limit altında olmasına rağmen ek noktası pürüzsüz ve elyaf lifler tek parça halinde görünmüyorsa yine ek işleminin yenilenmesi gerekmektedir.



Şekil 5. Kesim hatalı ek yapımı

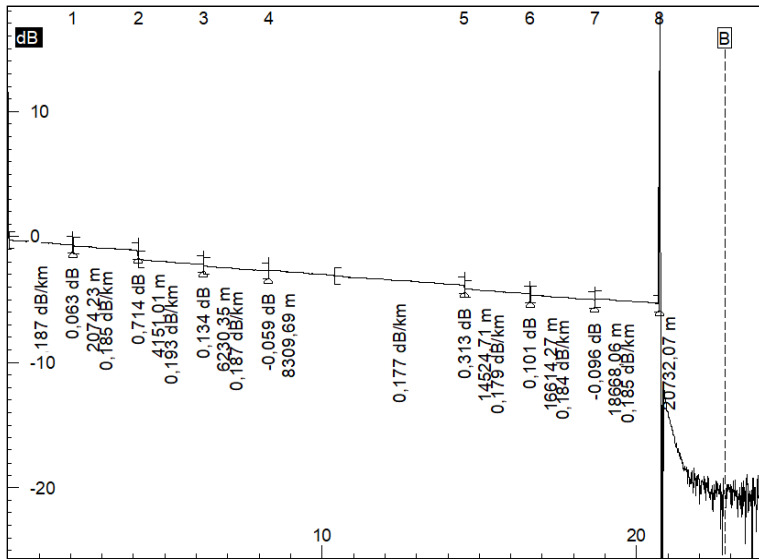
Figure 5. Cutting fault cable joint

Şekil 5’de kesim hatası ile gerçekleştirilen ek sonucu FO ark füzyon cihazı ekranı görülmektedir. Kayıp değerinin 0,01dB ile limit değerinin altında olduğu cihaz ekranından okunmaktadır.



Şekil 6-a. Hat başında OTDR ile Kesim hatalı ek yapımının ölçümü

Figure 6-a. Cutting fault cable joint measurement with OTDR in head of line



Şekil 6-b. Hat sonunda OTDR ile Kesim hatalı ek yapımının ölçümü

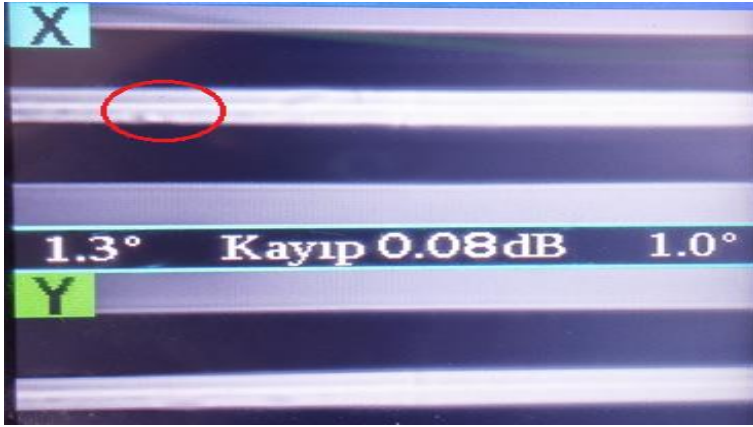
Figure 6-b. Cutting fault cable joint measurement with OTDR in end of line

Şekil 6’da verilen OTDR ölçümleri incelendiğine ek noktasındaki kayıp değeri 0,006 dB olarak hesaplanmıştır. FO ark füzyon cihazının hesaplamış olduğu kayıp değeri ve OTDR ölçüm değerleri uygun olmasına rağmen ek noktasının pürüzsüz olmayışı ve elyaf lifler tek parça gibi görünmediğinden ek işleminin yenilenmesi gerekmektedir. Zaman içinde oluşacak hat salınımları ve titremeleri bu noktadaki kayıp miktarını artırabilmektedir.

### 3.3. Sıvı lekeli ek yapımı

Elyaf liflerin temizlenmesi esnasında alkol ve türevi uçuculuğu yüksek sıvılar kullanılmaktadır. Elyaf liflerin yüzeyleri sıvı ile temizlendikten sonra bu sıvılar yüzeyde

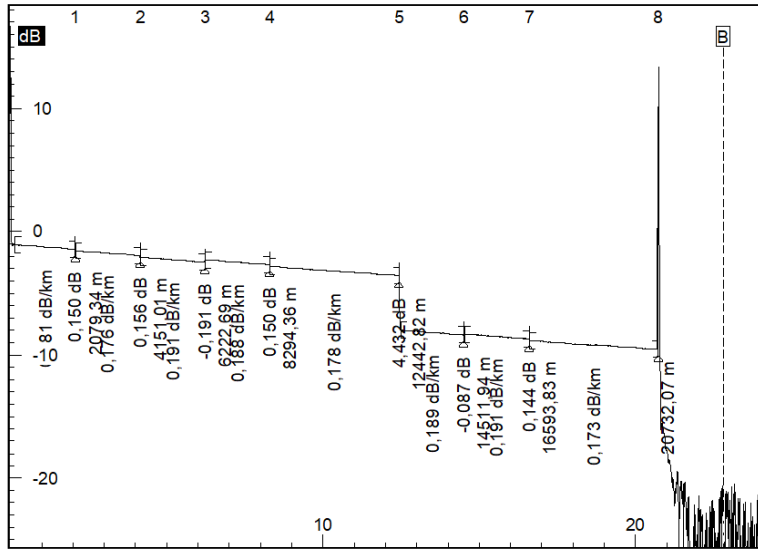
kalabilmektedir (URL-2, 2017). FO ark füzyon cihazı ark boşaltımı esnasında bu sıvılar üzerinde etki oluşturmaktadır. Elyaf lifler üzerinde bu noktalarda kayıplar yaşanmakta ve ek kaybı yüksek çıkabilmekte aynı zamanda elyaf lifler üzerinde lekeler oluşmaktadır. Şekil-7 de elyaf liflerin yüzeyinde sıvı kalmış ek durumu görülmektedir.



Şekil 7. Sıvı lekeli ek yapımı

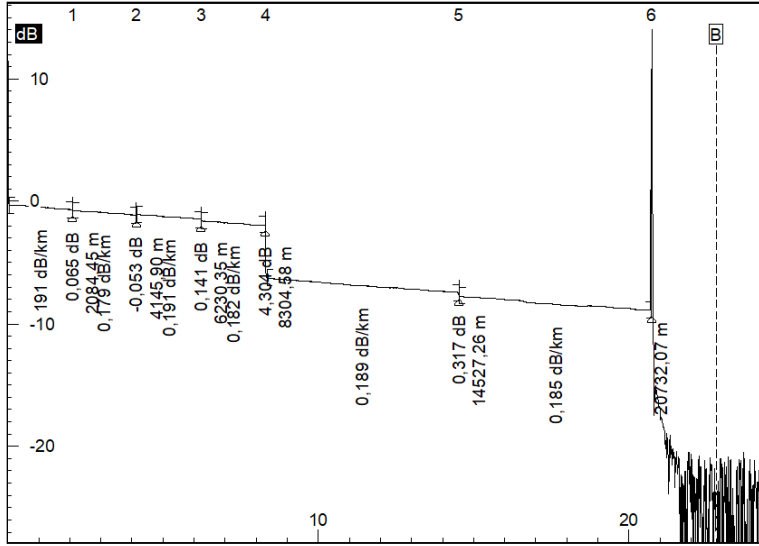
Fig7. Liquid stained cable joint

Ekran üzerinde görülen ek kayıp değeri 0,08 dB ile limit değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Şekil 8'de OTDR ölçümü sonucunda ek noktasındaki kayıp değeri 4,368 dB olarak hesaplanmış ve değerin oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Bu kayıp değerinin yüksek olmasının nedeni sadece noktasal olarak birleşme yerindeki kayıp değil aynı zamanda elyaf lifler üzerindeki sıvı ile arkın etkileşmesinden oluşan kayıp değerleridir.



Şekil 8-a. Hat başında OTDR ile Sıvı lekeli ek yapımının ölçümü

Figure 8-a. Liquid stained cable joint measurement with OTDR in head of line

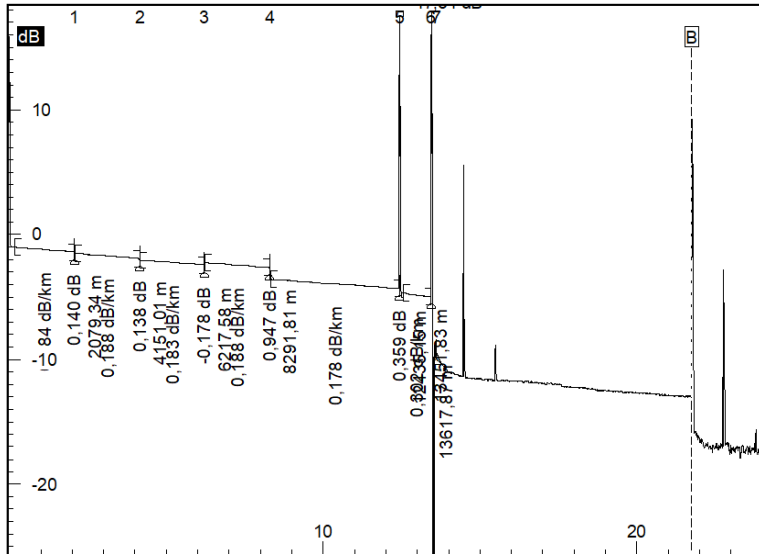


Şekil 8-b. Hat sonunda OTDR ile Sıvı lekeli ek yapımının ölçümü

Figure 8-b. Liquid stained cable joint measurement with OTDR in end of line

### 3.4. U-Link birleştirme elemanı kaybı

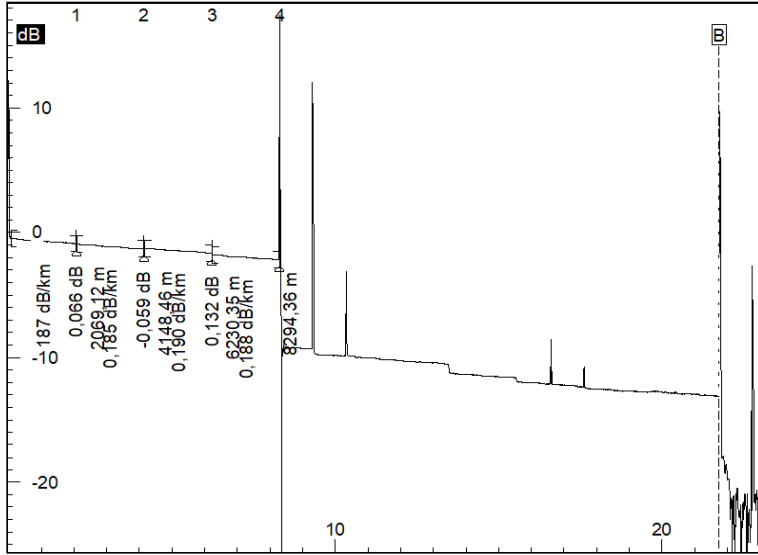
FO kablolarında ark füzyon cihazı haricinde ara elemanlar kullanımı ile de ek yapım işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Bu elemanlardan U-link ve konnektör birleşiminden oluşan kayıplar incelenmiştir. Şekil-9'da OTDR ölçümü görülmekte olup ek noktasında oluşan kaybın 4,368dB olduğu ölçülmüştür.



Şekil 9-a. Hat başında OTDR ile U-Link kayıp ölçümleri

Fig 9-a. U-Link losses measurement with OTDR in head of line





Şekil 9-b. Hat sonunda OTDR ile U-Link kayıp ölçümleri

Fig 9-b. U-Link losses measurement with OTDR in end of line

### 3.5. Elyafın aşırı bükülmesi durumu

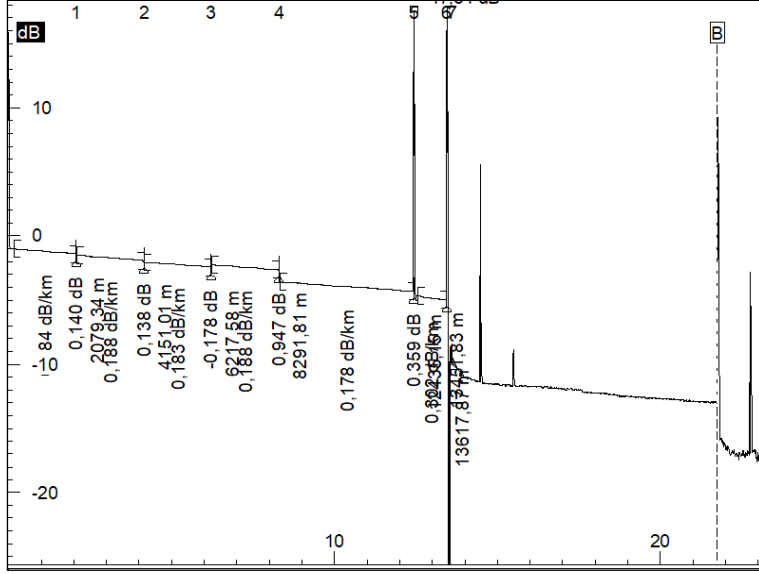
Ek işlemleri tamamlandıktan sonra elyaf liflerin montajı esnasında dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biri elyaf liflerin bükülmesidir. Bükülme açısı kritik açının altında olduğu zaman ölçüm sonucunda bu bölüm hat sonu olarak görülebilmekte ya da kayıp miktarı fazla olabilmektedir. Şekil 10'da aşırı bükülmüş ve kritik açının altına indirilmiş bir elyaf lifi görülmektedir.



Şekil 10. Makro bükülmüş fiber optik

Fig 10. Macro bending fiber optic

Bunun sonucunda ise ışık iletimi ve haberleşme kesilebilmektedir. Şekil 11'de görüldüğü gibi bükülmenin olduğu nokta OTDR cihazı ile hat sonu olarak görülmüştür ve bu noktadan sonra ışık iletiminin devam etmediği tespit edilmiştir.



Şekil 11. Açısız olarak fazla bükülmüş elyaf liflerin OTDR ölçümü

Fig11. Macro bending fiber optic measurement with OTDR

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada FO ek kayıp değerlerini etkileyecek ve kayıp miktarını artıracak etkiler incelenmiştir. Yapılan ek işlemlerinde bozucu etkilerin kayıp değerlerini fazlası ile etkilediği görülmüştür. Ayrıca montaj yapılırken bükülmelerin önemi incelenmiştir; dikkat edilmesi gereken önemli bir kayıp değeri olduğu ve hatta iletişimi tamamen kesebilecek bir hata olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma ile FO ek işlemlerinin ve montaj işlerinin uzman kişiler tarafından yüksek nem, toz ve rüzgâr olmayan veya bu bozucu etkilerin minimize edildiği ortamlarda yapılmasının daha başarılı sonuçlar vereceği ortaya konulmuştur.

#### Kaynaklar

- Aydemir, G., Ferikoğlu, A., Odabaş C., (2003). Optik Fiber İletişim Sistemlerinin Özellikleri.7 (2), 178-184.
- Elliott, B. J., ve Gilmore, M. (2002). *Fiber Optic Cabling*. Newnes.
- Hocaoğlu, S., ve Yücel, M. (2017). FTTH Ağlarda Performans Analizi. *International Journal Of Informatics Technologies*, 10(1), 79.
- Palais, J. C. (1988). *Fiber optic communications*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Sharma, P., Pardeshi, S., Arora, R. K., ve Singh, M. (2013). A review of the development in the field of fiber optic communication systems. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3(5), 113-119.
- Sheng, R., Tan, J., ve Li, B. (2011, August). Communication cable fault location in power system. In *Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC), 2011 2nd International Conference on* (pp. 246-249). IEEE.
- Tillem, F., (2006),” Fiber Optik Kablolarda Zayıflama Ölçümleri”, Yüksek Lisans Tezi, Orhangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir,67.
- Tomita, N., Takasugi, H., Atobe, N., Nakamura, I., Takaesu, F., ve Takashima, S. (1994). Design and performance of a novel automatic fiber line testing system with OTDR for optical subscriber loops. *Journal of lightwave technology*, 12(5), 717-726.
- Unverdi, N. O., ve Unverdi, N. A. Performance Analysis in Optical Networks. In *2006 IEEE 14th Signal Processing and Communications Applications*.

- URL-1:History And Advantages Of Fiber Optics. İnternet erişim : [<https://www.cablestogo.com/learning/library/data-center/history-fiber-optics>]. Erişim tarihi: 04.10.2017
- URL-2:The many problems of using IPA for cleaning fiber optics. İnternet erişimi:[<http://www.cablinginstall.com/articles/print/volume-24/issue-10/features/installation/the-many-problems-of-using-ipa-for-cleaning-fiber-optics.html>]. Erişim tarihi: 06.10.2017
- Ükte, A., (2002), “ Fiber Optik Kablo Üretim Tekniklerinin İncelenmesi “, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli,118.
- Wesson, L. N. (2010, September). Field repair options for fiber optic cable; Fusion splicing, mechanical splicing, and field termination. In Avionics Fiber-Optics and Photonics Technology Conference (AVFOP), 2010 IEEE (pp. 55-56). IEEE.
- Yetim, S., (2011),” Fiber Optik Kablolar ve Uygulama Alanları”, Yüksek Lisans Tezi, Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tunceli,91.
- Yoshida, M., Hirooka, T., ve Nakazawa, M. (2017). Low-loss and reflection-free fused type fan-out device for 7-core fiber based on a bundled structure. Optics Express, 25(16), 18817-18826.