

ELEKTRİKTE GÜVENLİ ÇALIŞMA
“KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLAR”
TS EN 50110-1 (2013) 4.6 ve ek B6

Aydın Keçeci
aydin.kececi@hotmail.com
Elektrik Mühendisi

Ahmet Çelik
ahmetcelik239@gmail.com
Elektrik Mühendisi

Bölüm 2: Arka Karşı Koruyucu Malzemeler

Elektrik üzerinde veya yanında çalışırken oluşabilecek bir elektrik arkı ölüme veya yaralanmaya sebep verebilir. Bu yüzden olası bir elektrik arkının enerjisine dayanacak şekilde test edilmiş ve onaylanmış koruyucu giysiler giyilmelidir. Tam koruma sağlamak için tüm vücudu kaplayan koruyucu kıyafet giymek çok önemlidir. Elektrik ark giysilerini IEC 61482'ye göre onaylamak için koruyucu giysi 2 farklı test yönteminden en az biriyle test edilmelidir:

IEC 61482 1-1 (Open air)

IEC 61482 1-2 (Ark in a box)

APC 1 (Class 1) – 168kJ (4kA, 400V),

APC 2 (Class 2) – 320kJ (7kA, 400V)

ASTM 1959 elektrik arklı kumaşlar için Amerikan standardı ASTM F1506 olarak adlandırılır. Burada kumaş özellikleri aynı zamanda açık ark testi ASTM F1959'u da kapsar. IEC 61482 1-1, ASTM1959 standardının 2019 yılına kadar tam bir kopyası idi. Tek fark ASTM'nin 25 yıkama sonunda teste tabi olmasıdır. 2019 yılında IEC 61482 1-1'e ELİM, ATPV ve EBT değeri ile yeni bir ark flaş giysisi değerlendirmesi geldi. Ayrıca 5 sn içinde sönme zorunluluğu var.

ELİM (Energy Limit Value) Enerji sınır değeri birimi cal/cm² dir. ELİM ile ATPV (Ark termal koruma değeri) arasındaki farkların, risk analizinin doğru yapılabilmesi için anlaşılması gerekmektedir. ATPV'de Stoll eğrisinde ikinci derece yanma olasılığı yüzde 50 iken ELİM de bu değer yüzde 0'dır. Bu yüzden ELİM değeri her zaman ATPV'den düşüktür. Bir de EBT değeri vardır. EBT

değeri şarapnel etkisi (max 5 mm) ile kumaşın yırtılması demektir.

Bu test sistemlerinden örneğin İngiltere IEC 61482 1-1'i tercih ederken Almanya IEC61482 1-2'yi tercih etmektedir.

Alman standardı DGUV-I 203-077'ye (2020) göre risk değerlendirmesi yapılmaktadır. Kutu içinde ark testi olarak bilinir. Test 400V'ta yapılır.

APC 1 (Class 1) – 168kJ (4kA, 400V),

APC 2 (Class 2) – 320kJ (7kA, 400V)

Kıyafetlerin seçimi sırasında bazı yöntemler zamanla gelmiştir. Bu Tranemo Skinsafe yöntemidir. Tranemo Skinsafe™, alev, ısı ve elektrik arkı yaralanmalarına karşı koruma sağlamak için tasarlanmış çok katmanlı sistem adıdır. Tek bir kalın katman yerine çok sayıda ince katmanın kullanılması yöntemidir. Bu mantık ile iki kıyafetin üst üste giyilmesiyle ark değerinin artacağı düşüncesi çok yaygındır.

Bu konu çok tartışmalı bir konudur. Ark parlamalarında bazı kıyafet üreticisi firmalar bu teze karşıdır. Elektrik arkı konusunda Tranemo 1+1=3 derken kumaş üreticileri ise 1+1=1 demektedir.

Örneğin APC1 bir gömlek üzerine APC2 bir ceket giyilmesinin ARC 4 olacağı söylenir. Üreticiler ise APC2 olduğunu iddia eder. Çünkü her frekansta alınacak darbe eğer yüksek ise elbise zaten korumayacaktır. İkinci katmanın ise 2. frekansta aynı etkiye karşı koruması zaten imkansız olduğundan kişi yaralanacaktır. Tranemo tezini kullanan firmalar mevcuttur.

Bu arada IEC 61482 1-2 için APC 3 ve APC 4 getirmek için çalışmalar yapılmaktadır.

NFPA 70E'ye Göre Kıyafet Seçimi

| Enerji Seviyesi Cal/cm ² | Enerji Seviyesi Joul/cm ² | Tehlike risk Kategorisi (HRC) | Min KKD cal/cm ² (ARC) | FR kıyafetsiz yarattığı |
|--|---|-------------------------------------|---|---------------------------|
| 0 - <1,2 | 0 - <5 | 0 iptal oldu | 4 | 2 ci derece yanık |
| 1,2 - 4 | 5 - 16,74 | 1 | 4 | Pamuklu kıyafet yanar |
| 4,1 - 8 | 16,75 - 33,47 | 2 | 8 | 3.cü derece ciddi yanıkla |
| 8,1 - 25 | 33,48 - 104,6 | 3 | 25 | Ölümcül yanıklar,organ |
| 25,1 - 40 | 104,7 - 167,36 | 4 | 40 | Kötü Ölüm |

Şekil 1: 2018 NFPA 70E page 36, Table 130.7 (C) (15) (c)

Bazı makalelerde seviye 5'i görebilirsiniz. Bu makalede bu konuya değinilmeyecektir. Bu tabloyu kullanarak arka karşı kullanılacak kıyafetler belirlenebilir. Bu kıyafetler şöyle sıralanabilir:

- Elbiseler (tulum, pantolon, gömlek, ceket)
- Hoods (başlık) (12cal/cm² üzeri)
- Ark eldiveni
- Entegre edilmiş baret + yüz siperliği
- Balaklava (6 cal/cm² üzeri)
- İç giyim

2018 yılında NFPA kıyafet seçiminde yardımcı olması amacıyla yeni yönetmelik yayımladı. Ark flaş analizi sonucu çıkan HRC değeri **1.2-12 cal/cm²** arası olan yerlerde aşağıdaki kıyafetler giyilmelidir (Tüm ürünler ARC değerine uygun olmalıdır):

- 1-Uzun kollu gömlek veya ceket + pantolon veya tulum
- 2-Entegre edilmiş (baret + yüz vizörü (ark değerli)) +çene koruması + 6 cal/cm² üzeri balaklava
- 3-Kulak koruması (ark değeri yoktur).
- 4-Ark korumalı eldiven.
- 5-Güvenlik gözlüğü (Bu tartışmalıdır; NEC zorunlu kılar, NFPA yüz vizörü varken zorunlu kılmaz.)
- 6-İzole ayakkabı

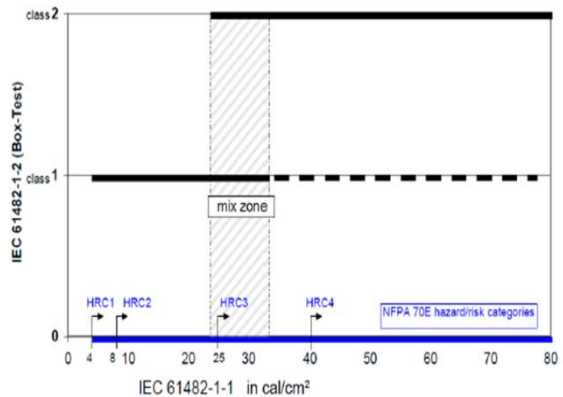
12 cal/cm² den büyük olan yerlerde ise aşağıdaki kıyafetler giyilmelidir (Tüm ürünler ark değerine uygun olacak):

- 1-Uzun kollu gömlek veya ceket +pantolon veya tulum
- 2-Hoods (entegre edilmiş baret ve yüz siperliği onaylanmamıştır).
- 3-Kulak koruması (ARC değeri yoktur).
- 4-Ark korumalı eldiven.
- 5-Güvenlik gözlüğü (Bu tartışmalıdır; NEC zorunlu kılar, NFPA yüz vizörü varken zorunlu kılmaz.)
- 6-İzole ayakkabı + ark koruyucu ayakkabı kılıfı

Dikkat; yanıcı, sentetik eriyen iç çamaşırları giymek yasaktır. Tulum şeklinde yüzde 100 pamuklu olmalıdır.

| ARC DEĞERLERİ | KKD | İç çamaşırlar %100 pamuklu olacak | Ark değerine göre uzun kollu gömlek | Ark değerine göre Pantolon veya Tulum | Ark değerine göre yüz siperliği ve baret | Güvenlik gözlüğü | Kulaklık (Kulak içine vyan) | Yalıtıcı Eldiven (Çalışma gerilimi uygun) + Ark eldiveni | Yalıtıcı Ayakkabı |
|---------------|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|------------------|-----------------------------|--|-------------------|
| 1 | min 4 cal/cm ² | | | | | | | | |
| 2 | min 8 Cal/cm ² | | | | | | | | |
| 3 | min 25 cal/cm ² | | | | | | | | |
| 4 | min 40 cal/cm ² | | | | | | | | |

Şekil 2: NFPA70E Table 130.7(C) (11)



Şekil 3: IEC ve NFPA karşılaştırması

Sonuç olarak kıyafetleri seçmek için mutlak bir ark flaş hesaplaması gerekmektedir.

Ark mı, Yangın Korumalı (FR) mı ?

Ark korumalı kıyafetlerde test sistemi çok katıdır. Aleve basınçlı şarapnel parçasına karşı koruma yapar. Ark testlerinde ATPV ve EBT değerlerine bakılır. Testler 500 msn üzerinden yapılır.

Maalesef piyasada aleve dayanıklı elbise ile arka dayanıklı elbise karıştırılmaktadır.

Ark testine gidecek olan kıyafetin aleve dayanıklı (FR= Flame Resistance) olması ön koşuldur.

Ark sınıfı giysilerin tümü (FR) aleve dayanıklıdır ancak aleve dayanıklı (FR) giysilerin tümü ark derecelendirmesine sahip değildir.

FR kumaşlar iki standart ile ölçülür.

EN ISO 11612: 2015 ve EN ISO 14116: 2015.

Bu standarda uyan elbiseler FR olarak adlandırılır.






Hâlbuki bu kıyafetler bir ark parlamasına dayanıklı olarak tasarlanıp üretilmemişlerdir, bu yüzden garanti edemezler.

ISO 11612:2015 standardının sunduğu en yüksek seviye **D3** ve **E3** seviyesidir.

Örneğin APC2 bir ark kıyafeti EN ISO 11612 E3 kapsar. Üretici de eğer ark testinden geçmiş ise bunu kıyafetinde mutlaka gösterir. Bu konu ile ilgili kıyafet sembollerini (piktogram) aşağıda bulabilirsiniz.

Kıyafetleri seçerken elektrik ile çalışanlar için seçilecek kıyafetler ark testinden geçmiş olan ürünler olmalıdır. Diğerleri yangın, petro kimya tesisleri ya da sıcak fırın gibi yerlere yakın çalışan kişilere yöneliktir. Satın alacağımız elektrik ark koruma giysilerinde aşağıdaki semboller olmak zorundadır.

Mayıs 2019'dan itibaren ark kıyafetlerinde yeni semboller getirilmiştir.

| EN STANDARDS | | Yeni Mayıs 2019 | | Eski |
|---|--|--|---|---|
|  |  |  |  |  |
| EN ISO 11612 2015 | EN 1149-5 2018 | EN 61482-2: 2018 ELIM: 8,1 cal / cm ² EBT: 8,7 cal / cm ² APC 1 | IEC 61482-2: 2018 ELIM: 8,1 cal / cm ² EBT: 8,7 cal / cm ² APC 1 | IEC 61482-2: 2009 ARC DERECESE 8,7 cal / cm ² Sınıf 1 |

Şekil 4: Ark Korumalı Kıyafetler İçin Piktogramlar

Örnek



Şekil 5: FR ve AR kumaşların testleri

Ark Kıyafetleri Standartları

| Ürün İsmi | Standartlar | Resim |
|--|--|---|
| Ark Gömleği Ark Pantolonu Ark Tulumu | IEC 61482-1-1 IEC 61482-1-2 ASTM F1959, |  |
| Balaklava | IEC/EN 61482-1-1; IEC/EN 61482-1-2 ASTM F1959, EN ISO 11612 A1B1C1 EN 1149-5 |  |
| Ark Gözlüğü (Balaklava ile giyilir) | ASTM F2178 ASTM F1506-2002a |  |
| Ark eldiveni | EN 388 / IEC 388 EN 420 IEC/EN 61482-1-1; IEC/EN 61482-1-2 ASTM F1959, |  |
| Yüz sipertliği + Çene koruması | ASTM F2178 DGUV GS-ET-29 EN 166 ANSI / ISEA Z87.1 - 2010 |  |

Şekil 6: Ark korumalı KKD ler

Elbiseler

Pantolon, gömlek, tulum, ceket şeklinde kıyafetler kullanılır. Gömlek veya ceket uzun kollu olmalı ve V yaka şeklinde kıyafetle asla çalışılmamalıdır. Enerjili hatta yakın ya da üzerinde çalışma

sırasında boğazın kapanması ve düğmelenmesi zorunludur.

Bu şekilde çalışmak yasaktır.



Şekil 7: Canlı Hatlarda veya Yakınında Çalışma Şekli

Yıkınması

Çamaşır suyu kullanılmayacak. (klorin içerikli ise)

Sodyum hipoclorit (NaClO Beyazlatıcı) yasak.

Yumuşatıcı kullanılmayacak.

Su 60 °C yi geçmeyecek şekilde yıkanacak.

Trikloretilen ile temizlenme yapılmayacak.

Ağartıcı kimyasallar kullanılmayacak.

Sabun kullanılmayacak.

Ütülemek risklidir. Bazı üreticiler ütülemede her ne kadar 150 °C müsaadesi verse de risk barındırır.

Aşındırıcılar ile temizlik yapılmayacak.

Asla radyatör (ısıtıcı petekler) üzerinde kurutulmayacak.

Yıkınma sayısı 3000-5000 arasında değişir. Kıyafetler her zaman temiz olmalı. En ufak bir yağ, kir lekesi olması halinde derhal yıkanmalıdır. Yıkılması konusu çok tartışmalı bir konudur. Kim yıkayacak işveren mi? Kullanıcı mı?

Depolanması

Buruşuk şekilde depolanmayacak.

Depolandığı yer rutubetli olmayacak.

Güneşe maruz kalacak şekilde saklanmayacak.

Yıkandıktan sonra kuruması için bile olsa güneşe maruz kalmayacak.

Kullanım Süresi

Her ark giysinin bir ömrü vardır. Bu 1 yıldan 4 yıla kadar değişebilir. Üretici firmadan bu ömür sorgulanmalıdır. Bu süre kullanıcının kullanım şartlarına göre değişir. Kimyasal maddeler, güneş ışığı vb. ile temas sonucu hasar veya bakımsız hale gelebilir.

Ark kıyafetlerinin ne zaman hangi koşullarda giyilmesi gerektiği konusunda tam bir bilinç ve prosedür oluşturulmalıdır. Bazı şirketler APC1 kıyafetleri sürekli kullanımda vermektedir. Burada eğer canlı hatta yakın veya üzerinde çalışılmakta ise (örneğin manevra gibi) kıyafetin yeniden değerlendirilmesi gerekir.

Tamiri

Yırtık ise üretici firma tarafından verilen özel iplik ile tamir yapılır. Dışarıdan herhangi bir iplik kullanılmaz. Üretici firmadan iplik talep edilmelidir. Eğer ütü yaparken hafifçe renk değişmişse tamir edilemez, değişmesi gerekir.

Rutin Testler

Kıyafetlerde ark testi yapılmaz her kullanım öncesi görsel testlerden geçmelidir. Testlerde yırtık, sökük, kir ve yağ aranır. Bunlardan birinin tespit edilmesi halinde kullanımdan çekilir. Problem giderilince tekrar kullanılır.

Yüz Siperliği

Ark flaş yaralanmaları, yüzde 50'den fazla oranda boynun üstü, yüz bölgesinde meydana gelmektedir. Bu yüzden bu bölgenin korunmasına özel itina gösterilmelidir. Göz ve yüz koruması Avrupa standardı EN166'dır. Yüz siperlikleri 1 sn süre ile 12kA, 400V, 50Hz kısa devreye dayanım testi ile belirlenir. Bu test sonucunda erimemesi ve yanmaması gerekir.. GS-ET-29 testi ise bir ark arızasının tüm termal tehlikelerini ve görünür ışık iletimi gibi iş güvenliği ile ilgili diğer gereksinimleri kapsayan yeni test standardıdır. Yüz siperliklerinde Avrupa EN 166 ve aynı zamanda GS-ET-29 "Arc-in-a-box" test edilerek ark korumasının uygunluğunu kanıtlamak artık zorunludur.

Yüz siperlikleri, baret ile entegre edilmiş bir şekilde satılmaktadır.



Görsellik (VLT)
Class 0...> %75
Class 1...%50 - %75
Class 2...< %50

Şekil 8: Yüz siperliği

6 cal/cm² üzerinde balaklava ile beraber kullanılmalıdır. Yüz siperliği nefes alıp verirken buğu oluşturmamalıdır. 10.1 cal/cm² üzerinde de yüz siperlikleri koruma sağlasa da bunu bir hood ile gerçekleştirmeniz gerekmektedir.



Şekil 9 : Ark Görmüş Baret



Şekil 10: Hatalı Bir Seçim Sonucu Eriyen Yüz Siperliği

ASTM F2178 test yöntemi ikinci derece yanık olma olasılığının yüzde 50'sini kabul ettiği için AB içinde kabul edilmemektedir.

Yüz siperliklerinde rutin ark testi ve gerilim testleri olmaz. Bu üründe görsel test yapılır. Yüzeyinde çizik, görme zayıflaması, tutucu noktalarının zayıflaması gibi noktalar her kullanım

öncesi gözden geçirilir. Depolanması sırasında ise güneş ile temasından kaçınılmalı ve üzerine yük konulmamalıdır. Her zaman kullanmadan önce temizlenmelidir. Temizlik kuru bir bez ile yapılmalıdır. Çok kirli ve hasarlı ise kullanılmamalıdır.

Çene koruması da dikkate alınmalı, şarapnel parçalarının vücudu delik deşik edebileceği unutulmamalıdır.

Ark Eldivenleri

İzole eldivenlerinin üzerine giyilmelidir. Ark patlamasına izole eldiveni ile yakalanılırsa izole eldiveni deriye yapışacaktır. Derinin yüzülmesi sonrasında tedaviye başlanır. Elin kullanımı, alacağı hasar oranına bağlıdır. Bu yüzden ark eldiveni kullanılması zorunludur. Tek faz ve darlık nedeniyle manevra hâkimiyeti zor olan istisna yerlerde çok özen ile çalışılmalıdır. Eldivenlerin en büyük problemi hareket özgürlüğüdür. Teknoloji geliştikçe yeni eldivenlerde bu elde edilmeye başlanmıştır.



Şekil 11 : Ark eldiveni 45cal/cm², HRC4

Bu eldivenler de yukarıdaki kıyafetler gibi IEC 61482 testlerinden geçmekte ve derecelendirilmektedir.

Pratik Ark Değerlendirilmesi

NFPA'nın pratik ark flaş değerlendirilmesi için yayımladığı tablolardan bazıları aşağıdadır. Ark flaş analizi yapılmayan yerlerde bu tablolar kullanılarak kıyafetler seçilebilir.

NFPA 70E Tablo 130.5 (C) Ark Parlaması Olayı Olasılığı

| Yapılan İş | Ekipman Şartı | Ark Flaş KKD Gereklimi |
|---|---------------|------------------------|
| Pano üzerindeki sayacın okunması . Pano kapısı kapalı | Her zaman | Hayır |
| Termal kamera ile pano kapağı kapalı iken yapılan ölçüm.Pano kapağı açılmadan ve Live zone dışında olmak şartı ile. | | |
| ≤ 125V AC veya DC gerilimli devreler üzerinde çalışırken pano kapağının açılması | | |
| İzole kabloların incelenmesi (Dokunmadan) | | |

Şekil 12: NFPA 70E Tablo 130.5 (C)

AC sistemlerde NFPA'nın tavsiye ettiği uygulama şöyledir:

| Ekipman | Ark flaş KKD kategorisi | Ark Flaş Sınırı |
|--|-------------------------|-----------------|
| 240 volt ve altındaki paneller veya diğer ekipmanlar Parametreler: Maksimum 25 kA Kısa devre akımı Maksimum 0,03 sn açma süresi; Minimum çalışma mesafesi 455 mm | 1 | 485 mm |
| 240 V - 600 V arası pano ve ekipmanlarda Parametreler: Maksimum 25 kA kısa devre akımı Maksimum 0,03 sn açma süresi; Minimum çalışma mesafesi 455 mm | 2 | 900 mm |
| 600 volt motor kontrol merkezleri (MCC'ler) Parametreler: Maksimum 65 kA kısa devre akımı maksimum 0,03 sn açma süresi; minimum çalışma mesafesi 455 mm | 2 | 1.5 m |

| Ekipman | Ark flaş KKD kategorisi | Ark Flaş Sınırı |
|--|----------------------------------|-----------------|
| 600 volt motor kontrol merkezleri (MCC'ler) Parametreler: Maksimum 65kA kısa devre akımı; En fazla 0,5 saniye açma süresi; Minimum çalışma mesafesi 455 mm | 4 IEC 61482 1-1 göre seçilir. | 6 m |
| 600 volt şalt (güç şalterleri veya sigortalı kesiciler) ve 600 volt şalt panoları Parametreler: Maksimum 42kA kısa devre akımı; En fazla 0,33 saniye açma süresi; Minimum çalışma mesafesi 455 mm | 4 IEC 61482 1-1 göre seçilir. | 4.3 m |
| 600 volt şalt (güç şalterleri veya sigortalı kesiciler) ve 600 volt şalt panoları Parametreler: Maksimum 35 kA kısa devre akımı; En fazla 0,03 saniye açma süresi; Minimum çalışma mesafesi 455 mm | 2 IEC 61482 1-1 göre seçilir. | 1,5 m |

| Ekipman | Ark flaş KKD kategorisi | Ark Flaş Sınırı |
|---|----------------------------------|-----------------|
| 2,3kV - 7,2kV Motor starter, sigortalı Maksimum 35kA kısa devre akımı; En fazla 0,24 saniye açma süresi; Minimum çalışma mesafesi 910 mm | 4 IEC 61482 1-1 göre seçilir. | 12 m |
| 1kV - 15kV Maksimum 35kA kısa devre akımı; En fazla 0,24 saniye açma süresi; Minimum çalışma mesafesi 910 mm | 4 IEC 61482 1-1 göre seçilir. | 12 m |

Şekil 13: Tablo 130.7 (C) (15) (a)
“Alternatif Akım (ac) Sistemler için Ark-Flaş KKD Kategorileri

DC de Seçim Tablosu

| DC Sistemler için Ark Flasha göre KKD kategorisi | | |
|--|---------------------------|--------------------|
| Ekipman | Arc Flash PPE Category | Arc Flash Boundary |
| UPS SİSTEMLER , AKÜLÜ PANOLARI GİBİ SİSTEMLER 100V DC <<250V DC Açma süresi 2sn , 45 cm çalışma mesafesi | | |
| Kısa devre akımı < 4kA | ABD ARC1 Avrupa APC 1 | 900 mm |
| 4 kA ≤ Kısa devre akım < 7 kA | ABD ARC 2 Avrupa APC 1 | 1.2 m |
| 7 kA ≤ Kısa devre akım 15 kA | ABD ARC 3 Avrupa APC 2 | 1.8 m |
| UPS SİSTEMLER , AKÜLÜ PANOLARI GİBİ SİSTEMLER 250V DC ≤≤ 600V DC Açma süresi 2sn , 45 cm çalışma mesafesi | | |
| Kısa devre akımı 1.5 kA | ABD ARC 1 Avrupa APC 1 | 900 mm |
| 1.5 kA ≤ Kısa devre akımı < 3kA | ABD ARC 2 Avrupa APC 1 | 1.2m |
| 3 kA ≤ Kısa devre akımı < 7 kA | ABD ARC 3 Avrupa APC 2 | 1.8 m |
| 7 kA ≤ Kısa devre akımı < 30 kA | ABD ARC 4 | 2.5 m |

Şekil 14 : Table 130.7(C)(15)(a)

Ark tehlikesi risk analizlerinde olmalıdır. Yukarıdaki tablolar sizlere yardımcı olmak amacı ile hazırlanmıştır.

Kaynaklar:

- 2015 NFPA 70E Table 130 7(c)
- (15)(A)(b) Ark flash PPE.
- DGUV-I 203-077
- IEEE 1584 ed 2 (2018)
- IEC 61482 1-1 (2019)
- IEC 61482 1-2 (2014)

Not: Çarpılmaya karşı KKD konulu makale Temmuz ayında yayımlanacaktır.