

Enerji Kabloları Yapısı ve Uygulamaları



Enerji ve haberleşme alanında standartların oluşmasını sağlayan ilk çalışmalar şöyledir:

M.Ö. 600 – Thales
Statik elektrik araştırmaları



1752 – Benjamin Franklin
Elektriğın uçurtma ipi ve bir anahtar yardımı ile iletimi



1821 – Michael Faraday
İlk elektrik motoru



1827 – George Ohm
Elektrik devrelerinin matematiksel analizi



1837 – Samuel F. B. Morse
Elektrik iletkenli telgraf



1844 – Charles Goodyear
İlk vulkanize lastik



1858 – Kıtalar arası haberleşme kablosu ABD ve İngiltere arası



1882 – Thomas Edison
Elektrik dağıtım sistemi (New York)



1886 – Nikola Tesla
AC Elektrik dağıtım sistemi



1897 – 11 kV elektrik iletimi Niagara Şelalesi (40 km)



Elektrik nedir?

Elektrik, atom çekirdeği etrafındaki bir elektronun veya elektronların potansiyel enerjisinin artması sonucu başka bir atom yörüngesine sıçraması olarak tanımlanabilir.

Güç (W) – Enerji (J)

Güç (Watt), elektrikli araçların birim zamanda harcadığı enerji olarak tanımlanabilir. Tanımında zaman bulunmasına karşın, zamandan bağımsız sabit bir birimdir.

Enerji ise, bir cismin ya da sistemin iş yapabilme yeteneğidir.

Gücün zamana bağımlı hali olarak da düşünülebilir. (Watt x h)



Gerilim (V) - Akım (I) - Direnç (R)

Gerilim (Volt), iki nokta arasındaki potansiyel fark, Akım (Amper) bu potansiyel fark sayesinde elektriksel parçacıkların hareketi, Direnç (Ohm) ise; bu harekete karşı konulması olarak tanımlanabilir.

Direnç (R)

Devreden geçen akım bir uçtan diğer uca ulaşmaya kadar izlediği yolda bir takım zorluklarla karşılaşır. Bu zorluklar elektronların geçişini etkileyen veya geciktiren kuvvetlerdir. Saf direnç frekans değişimlerinden etkilenmez.



Endüktans (L)

Endüktans (Henry), kablolardaki heliselliğin yarattığı bobin etkisinin sonucu ortaya çıkar. Ortaya çıkan bu manyetik etki kablolardan akan akıma ve frekansa bağılı olarak değişen bir zorluk oluşturur. Bu zorluğa da endüktif reaktans (Ohm) denir.

Kapasitans (C)

Kablolar, iletkenin yalıtkan malzeme ile kaplanması sonucu oluşur. İdealde tüm enerjinin iletken üzerinden akması beklenirken, gerçekte, katmanlar ve damarlar arası elektrik depo edilir (Farad). Bunun sonucunda, devredeki kapasitörlerin frekansa bağılı gösterdiği dirence kapasitif reaktans (Ohm) denir. Matematiksel olarak endüktansın tersidir.

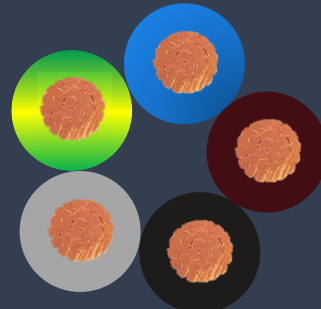
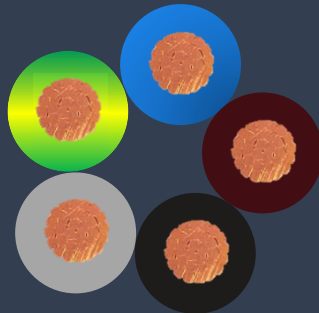
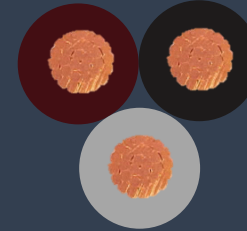
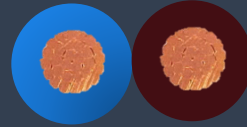
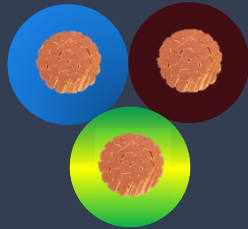


Kabloların Yapısı Hakkında

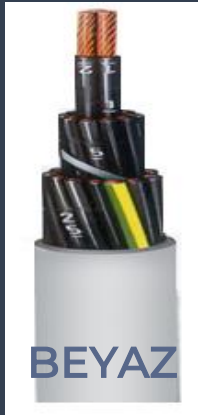
Kablolar bir noktadan diğer noktaya **enerji, veri** veya **sinyal** iletmeye amacı ile kullanılan, tek, iki, veya daha fazla **bakır, alüminyum, veya kalay kaplı bakır** iletkenin üzerine **izolasyon malzemesi**, mekanik darbelere karşı dayanıklı olması için **zırh ve/veya koruma katmanı** ve kullanılacağı yere göre uygun **dış kılıf** ile kaplanarak üretilirler. Doğru kablo seçimi hem **can ve mal kayıplarının önlenmesi** hem de **proje maliyeti** açısından oldukça önemlidir.



Kablo Damar ve Kılıf Renkleri



Kablo Damar ve Kılıf Renkleri



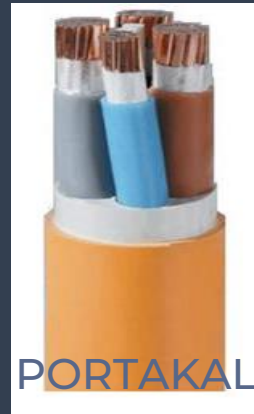
H05VV-F



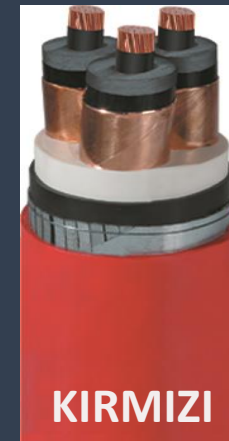
NVV - NHXMH



YVV – 2XY – 2XH



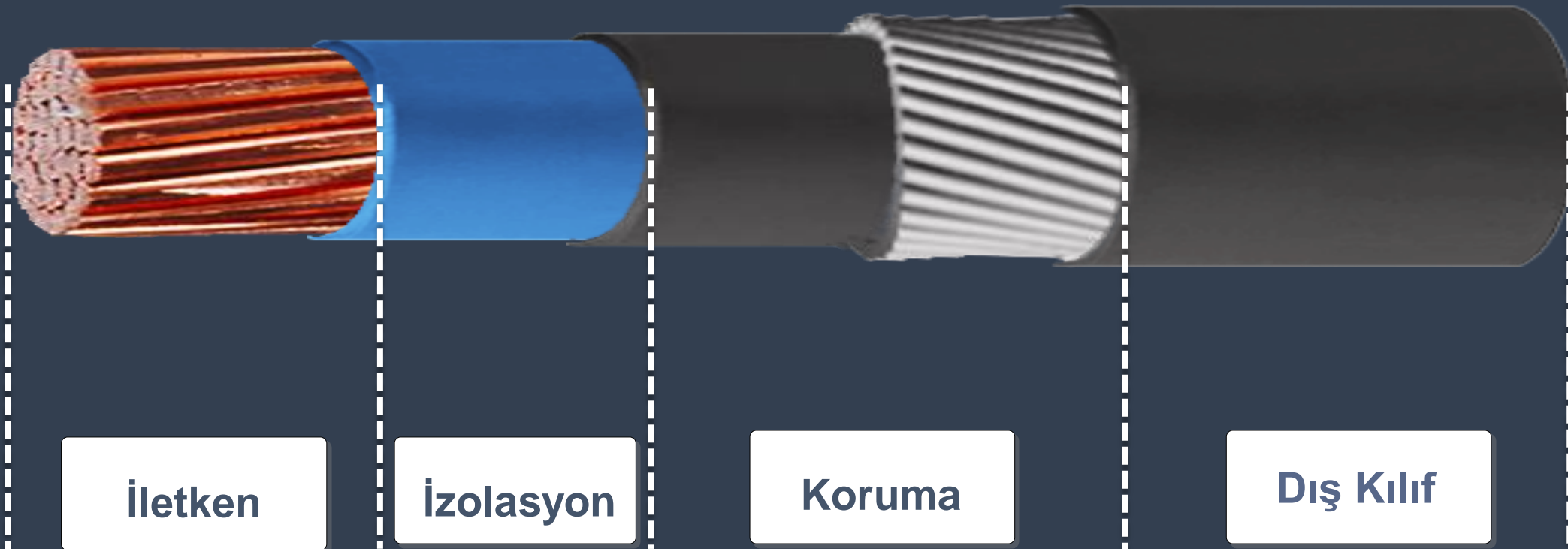
2XH FE 180



2XSEYFGY – YE3SHŞV

Enerji Kablosu Yapısı

Örnek Tasarım: 2XR(A)Y 1x240 0,6/1kV class2 (IEC 60502'ye göre)



İletken

İzolasyon

Koruma

Dış Kılıf

Kabloda Kullanılan Materyaller

İLETKEN

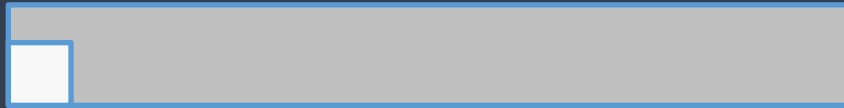


 BAKIR

 KALAY KAPLI BAKIR

 ALÜMİNYUM

ZIRH / EKCRAN



 ÇELİK

 GALVENİZ KAPLI ÇELİK

 BAKIR

 ALÜMİNYUM

İletken



İletken

Elektrik enerjisini üretim merkezlerinden tüketim merkezlerine taşımakta kullanılan genellikle bakır veya alüminyumdan üretilen materyaldir.

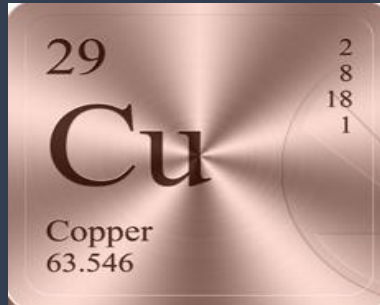
İletken Standartı

İLETKEN STANDARTI IEC 60228

DIN VDE 0295

BS 6360

HD 383



Bakır – Alüminyum Karşılaştırması

OG ALÜMİNYUM - BAKIR KABLO TEKNİK KARŞILAŞTIRMA

İletken		Bakır	Alüminyum
İletken Kesidi	mm ²	240	400
Kablo Tipi		2XSY 1X240/25	A2XSY 1X400/35
Gerilim	U _o /U	18/30	18/30
Kablo Katmanları		CU/XLPE/CWS/PVC	ALU/XLPE/CWS/PVC
Geometrik Parametreler			
İletken çapı (yaklaşık)	mm	18.1	23
Kablo çapı (yaklaşık)	mm	42	49
Kablo ağırlığı (yaklaşık)	kg/km	3403	2688
Minimum bükme yarıçapı	mm	630	735
Maksimum izin verilen çekme kuvveti (iletken çekme başlığı)	N	12000	12000
Sevk makarası boyut (Sevk 1000m)	m	2.2	2.6
Elektriksel Parametreler			
DC direnci 20°	ohm/km	0.0754	0.0778
AC direnci 90°	ohm/km	0.0977	0.1014
Kapasite	mF/km	0.236	0.285
Reaktansı	ohm/km	0.111	0.105
Kayıplar			
İletken (her faz için)	W/m	24.19	25.19
Ekran	W/m	0.909	1.27
Toplam (3 faz için)	W/m	75.3	79.38
İletken maksimum kısa devre akımları	kA/1sn	34.3	37.6
Akım Taşıma Kapasitesi *	A	497	498
İletilen Güç	MVA	25.8	25.9

*Toprak öz direnci 1.2km/w, toprak sıcaklığı 20C, topraklama her iki uçtan solid olarak, direkt olarak toprağa gömülü, döşeme derinliği 1m ve yükleme faktörü 1'dir.

Elektrik İletkenliği :

- Alüminyum iletkenliği bakırın yaklaşık **%61'i** kadardır.
- Bakıra göre yaklaşık **%27 çap artışı** gerekmektedir.
- Bakır kablo **yüksek iletkenliği** sayesinde daha az yer kaplamaktadır.

İletken Malzeme Tipleri



	Bakır	Alüminyum
Yoğunluk	8,9g/cm³	2,7g/cm³
Bakıra göre iletkenlik (%)	100	70
Aynı akım için kesit	100 mm ²	160 mm ²

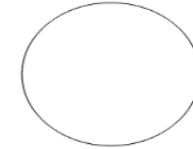
İLETKEN SINIFLARI

CLASS 1: Tek telli, solid

CLASS 2: Çok telli

CLASS 5: İnce çok telli, esnek

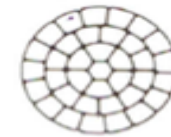
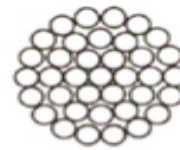
CLASS 6: Çok ince çok telli, ekstra esnek



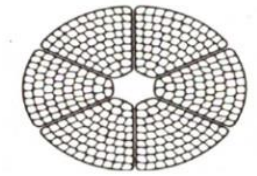
Tek telli , solid



Sektör biçimli tek tel ve çok telli iletken



Normal ve sıkıştırılmış biçim çok telli iletken



Miliken iletken

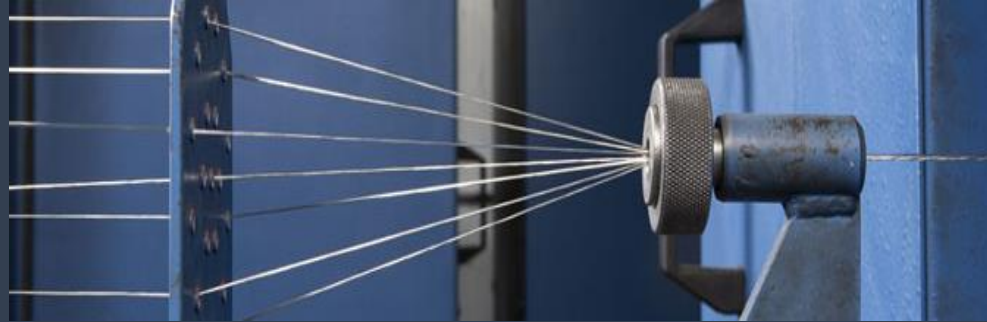
İletken Üretimi

8,0 mm
Cu Filmaşın

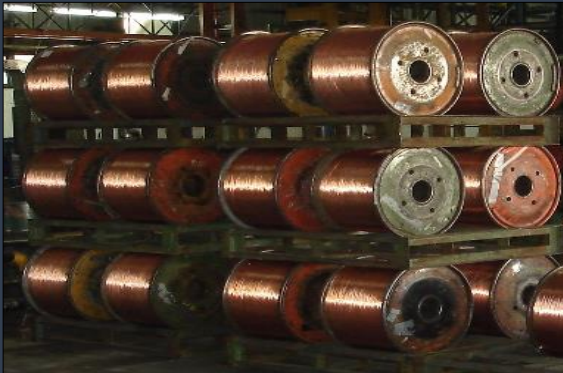


2XR(A)Y 1x240 0,6/1kV

Eğirme



2,62 mm
Cu Tel



240 mm²
(48x2,62)
Eğrilmiş İletken



İzolasyon



İzolasyon
İletkenin, elektriksel olarak çevre şartlarından yalıtılmasını sağlar.

İzolasyon Malzemeleri

PVC

XLPE

EPR-EPDM

Gerilim

0 – 10 kV

1 – 500 kV

1 – 154 kV

Avantaj

- Uygulama/proses kolaylığı
- Kolay montaj
- Tutuştuğunda kendinden sönebilme

- Çok iyi elektriksel özellikler
- Yüksek sıcaklığa dayanıklılık

- Esnek
- Geniş sıcaklık bantlarında kullanım
- Kısmi boşalmalara dayanıklılık

Dezavantaj

- Düşük sıcaklıklarda çatlama
- Sınırlı dielektrik özellikler
- Yüksek sıcaklıkta yumuşama

- PE'ye göre zor proses şartları
- Katkılardan dolayı PE'ye göre dielektrik özelliklerinde kötüleşme
- Tutuştuğunda alevin kendiliğinden ilerlemesi

- PE ve XLPE'ye göre daha kötü elektriksel özellikler

Eğirme ve Koruma



Koruma

Kabloyu, mekanik ve manyetik zorlamalara karşı dayanıklı hale getirmek üzere kullanılan, dış yarı iletken, zırh ve ekran gibi çeşitli katmanlardır.

Kablo Koruma Katmanları

Neye Karşı Koruma ?

- Ateş
- Darbe
- Aşınma
- Kimyasallar
- Su

Nasıl Koruma ?

- Metalik zırhlar (Çelik-Al Zırh/Bakır bant)
- Boylamasına metal bantlar (Kurşun-Al)
- Suda şişen malzemeler



Koruma Katmanlarının Yapısı

Zırh

Zırh; kabloyu mekanik etkilere karşı koruma amacıyla kablo üzerine helisel sarılan teller veya bantlar yardımıyla oluşturulur.

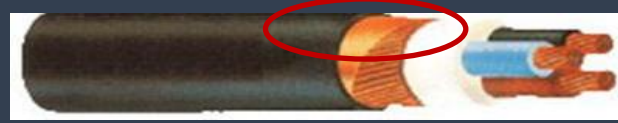
Temel amacı kabloyu darbelere karşı dayanıklı hale getirmek olan zırh, açıkta veya askıda kullanılması durumunda, kablo şeklini korumak ve taşıyıcılık gibi bir görev de üstlenir.



Elektrik/Manyetik Koruma

Metal ekran; bakır tel ve/veya bantlar ile gerçekleştirilir. Amacı, şarj ve deşarj akımlarının transfer edilmesi ve kısa devre akımı taşınmasıdır.

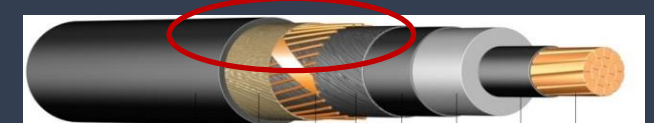
OG kablolarda dış yarı iletken tabaka; elektrik alanı sınırlandırma ve kontrol altına alma ile boşlukları kapatarak kısmi boşalmaları önleme amacıyla kullanılır.



Ateş ve Su

Kabloyu yangın durumunda veya su altında da çalışır kılabilmek için uygulanan özel koruma sistemleridir.

Suda şişen bantlar ve ısı ile sertleşen yalıtkanlar bu performans uygulamalarından bazılarıdır.



Dış Kılıf



Dış Kılıf

Çevresel etkilerden koruma ile döşeme ve çekim sırasında mekanik dayanım sağlama amacıyla kullanılan polimer malzemeden üretilen katmandır.

Dış Kılıf Malzemeleri

PVC

Enerji kablolarında proses edilme kolaylığı
Son derece iyi mekanik, elektrik ve ısı dayanım
özelliklerinden dolayı çok yaygın bir kullanım alanına sahiptir.

PE

Etilenin polimeridir.
Yoğunluklarına göre 3 farklı grubu mevcuttur:

- LDPE Düşük yoğunluklu PE
- MDPE Orta yoğunluklu PE
- HDPE Yüksek yoğunluklu PE

Yoğunluk arttıkça moleküller birbirine yaklaşır.
Bu da dayanıklılığı artırırken esnekliğini azaltır.

LSOH

Yanma sonucu ortaya çıkan HCl gazı ortamdaki
CO₂, CO ve su ile birleşerek zehirli hidroclorik asit ortaya çıkarır.
Low Smoke Zero Halogen (LSOH) malzeme içeriğinde
flor, klor, brom ve iyot gibi elementler içermediğinden
yangın sırasında alevi iletmez ve yoğun duman oluşturmaz.

	PE	PVC	LSOH	EPR
Toksiklik	→	↓	↑	↓
Korozivite	↑	↓	↑	↓
Duman	↓	↓	↑	↓
Aleve dayanıklılık	↓	↑	↑	↑
Suya dayanım	↑	→	→	↑
Mekanik dayanıklılık	↑	↑	→	↓
Uzama	↑	↑	→	→
Yağa dayanıklılık	↓	↑	↓	↑

↓ Zayıf; → Yeterli; ↑ İyi

Kimyasal katkıları ile kabloların güneş (UV) ve kemirgenlere karşı dayanım gücü artırılabilir.

Dış Kılıf Katkıları



**Anti
Rodent**



**Anti
Termite**



**Anti
Fungus**



**UV
Protection**

Kabloların Rumuzlandırılması

- o **Enerji santrallerinden** farklı kullanım noktalarına kadar elektriğin iletilmesinde, kablolar farklı enerji üretim ve dağıtım merkezlerinden farklı uygulamalara enerji taşırlar. Tüm bu noktalara **farklı gerilim seviyelerinde** iletilirler ve bu gerilim seviyelerine göre **farklı rumuzlar** alırlar.
- o Kabloların birbirinden **kolayca ayırt edilmesi**, **kablo rumuzlandırma standartları** sayesinde mümkün hale gelmiştir. Rumuzlandırma standartlarının **ortak amacı**; pazar, müşteri ve üretici arasında **ortak dil** oluşturarak, kablo yapılarının **hızlıca anlamlandırılmasını** sağlamaktır.
- o Kablo iletken yapısı, iletken üzerinde kullanılan izolasyon malzemesi (PVC, XLPE vb.), kablonun damar eğirme şekli, ekranlı/zırhlı olup olmadığı, dış kılıf malzemesi (PVC, PE vb.) gibi birçok önemli bilgi kablo rumuzları yardımıyla tarif edilebilmektedir.
- o Kablo sektöründe geniş bir kullanıma sahip enerji kabloları için genel kabul görmüş rumuzlandırma standartları **Cenelec HD361**, **VDE**, **TS 621** ve **CEI-Unel 35011** olarak sıralanabilir.



Cenelec HD 361 Standartına Göre Kablo Rumuzları

Standartla İlişkisi	Anma Gerilimi	İzolasyon/Dış Kılıf	Metalik Ekran	Yapısal Özellik	İletken Yapısı	Damar
H Harmonize Tip	01 100/100V	B EPR	C Konsantrik Bakır İletken	H Aynılabilir Yassı (Kılıflı/Kılıfsız)	U Class1	X Yeşil/Sarı Damar Yok
A Ulusal Tip	03 300/300V	G EVA	C4 Bakır Tellerden Çorap Örgü	H2 Aynılamayan Yassı (Kılıflı)	R Class2	G Yeşil/Sarı Damarlı
	05 300/500V	J Cam Elyaf Örgü		H6 Üç veya Fazla Damarlı Kılıflı	K Class5	
	07 450/750V	M Mineral			F Class5 (Hareketli)	
		N PCP			H Class6	
		N2 PCP (HD 22.6)			Y Gelin Teli Biçimli	
		N4 CSP				
		N8 PCP Suya Dayanımlı				
		Q Poliüretan				
		Q4 Poliamid				
		R Doğal Kauçuk				
		S Silikon Kauçuk				
		T Tekstil Örgü				
		V PVC				
		V2 PVC 90°C				
		V3 PVC Düşük Sıcaklık				
		V4 XLPVC				
		V5 PVC Yağa Dayanımlı				
		Z Polietilen Bazlı LSOH				
		Z1 Düşük Duman Termoplastik				

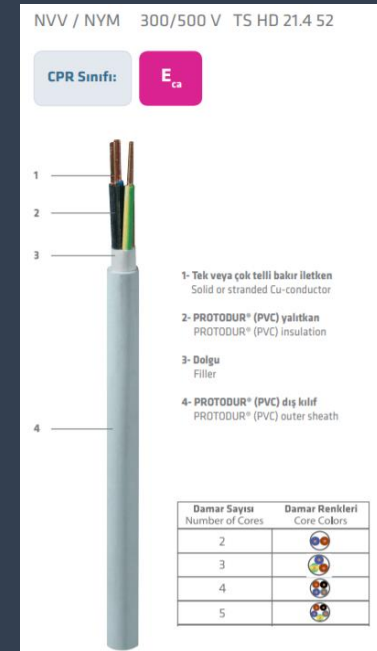
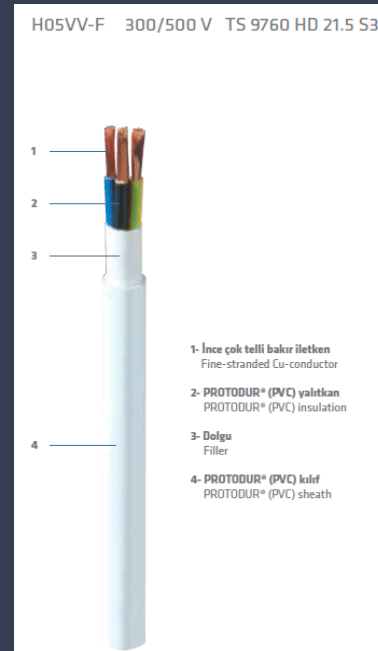
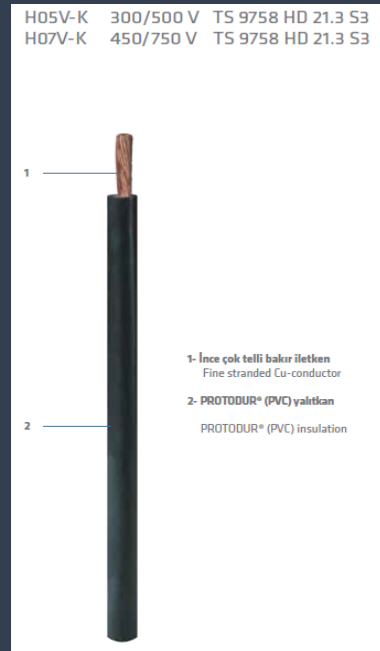
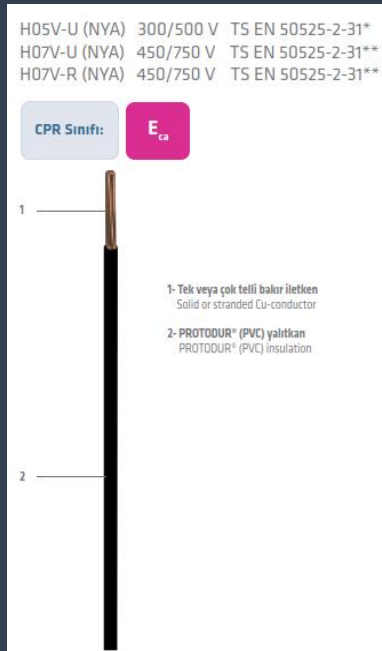
H05VVC4V5 – K 3G2,5mm²



Gerilim Seviyelerine Göre Sınıflandırma

1) Bina (Tesisat) Kablosu (BW) Enerji (300-750V)

- Bina içinde kullanılır.
- 300/500 V yada 450/750 V Gerilim seviyesi
- Class 1, Class 2 ya da Class 5 iletken



Gerilim Seviyelerine Göre Sınıflandırma

2) Alçak Gerilim (LV) Enerji (0,6/1kV)

- o Yerel dağıtım hatlarında kullanılır
- o 0,6/1 kV Gerilim seviyesi
- o Class 1 ya da Class 2 iletken
- o PE, PVC, XLPE ya da EPR yalıtkan

YVV-U / YVV-R / NYY 0,6/1 kV TS IEC 60502-1

CPR Sınıfı: **E_{ca}**



- 1- Tek veya çok telli, bakır iletken
Solid or stranded Cu-conductor
- 2- PROTODUR® (PVC) yalıtkan
PROTODUR® (PVC) insulation
- 3- Dolgu
Filler
- 4- PROTODUR® (PVC) dış kılıf
PROTODUR® (PVC) outer sheath

Damar Sayısı Number of Cores	Damar Renkleri Core Colors
1	
2	
3/1/2	

YVZ3V-R / YVŞV / NYFGY 0,6/1 kV TS IEC 60502-1

CPR Sınıfı: **E_{ca}**

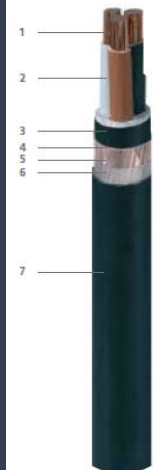


- 1- Bakır iletken
Cu-conductor
- 2- PROTODUR® (PVC) yalıtkan
PROTODUR® (PVC) insulation
- 3- Dolgu
Filler
- 4- PROTODUR® (PVC) iç kılıf
PROTODUR® (PVC) inner sheath
- 5- Galvanizli yassı, çelik tel zırh
Galvanized flat steel wire armour
- 6- Halisel, galvanizli çelik şerit
Galvanized steel tape helix
- 7- PROTODUR® (PVC) dış kılıf
PROTODUR® (PVC) outer sheath

Damar Sayısı Number of Cores	Damar Renkleri Core Colors
3	
3/1/2 - 4	

YVCV-U / YVMV / NYCY 0,6/1 kV TS IEC 60502-1
YVCV-R / YVMV / NYCY 0,6/1 kV TS IEC 60502-1

CPR Sınıfı: **E_{ca}**



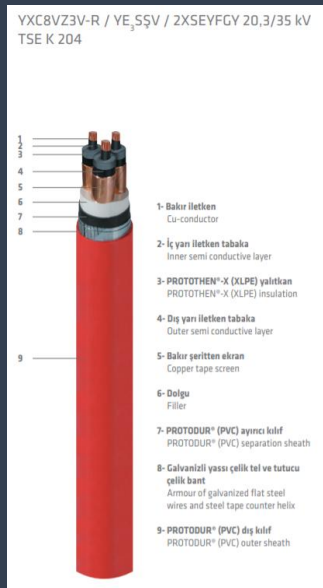
- 1- Tek veya çok telli, bakır iletken
Solid or stranded Cu-conductor
- 2- PROTODUR® (PVC) yalıtkan
PROTODUR® (PVC) insulation
- 3- Dolgu ve siyah PVC iç kılıf
Filler and black PVC inner sheath
- 4- Bakır konsantrik teller
Concentric conductor of copper wires
- 5- Tutucu bakır bant
Cu-tape as binder
- 6- Koruma bandı
Protecting tape
- 7- PROTODUR® (PVC) dış kılıf
PROTODUR® (PVC) outer sheath

Damar Sayısı Number of Cores	Damar Renkleri Core Colors
3	
4	

Gerilim Seviyelerine Göre Sınıflandırma

3) Orta Gerilim (MV) Enerji (3,6/35kV)

- Yerel dağıtım hatlarında kullanılır
- 3,6 kV – 35 kV aralığında gerilim seviyesi
- Class 1 ya da Class 2 iletken
- XLPE ya da EPR(Lastik) yalıtkan
- Tek veya üç damarlı



Gerilim Seviyelerine Göre Sınıflandırma

3) Yüksek Gerilim (HV) Enerji (>35kV)

- Havai yüksek gerilim hatlarının şehir merkezlerine giremediği yerlerde, toprak altında, beton kanallar ve/veya PVC-PE borular içinde yer alırlar, enerji üretim / dağıtım yerleri trafo merkezlerini ulusal / uluslararası dağıtım şebekelerine bağlarlar.
- Tek damarlı
- XLPE izolasyon malzemesi
- Class 2 sınıfına sahip iletken



Teşekkürler

