

# ISIYA DAYANIKLI AL-ZR ALAŞIMLI İLETKENLERİN TEKNİK KARAKTERİSTİKLERİ VE GELENEKSEL İLETKENLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Sedat KARABAY \*, Yusuf TAYŞI \*,  
Muharrem YILMAZ \*\*

*Sanayi ve teknolojilerin hızla gelişmekte olması, doğal olarak elektrik enerjisine olan talebi arttırmıştır ve üretilen enerjinin daha verimli kullanılması ve nakledilmesi gündeme gelmiştir. Bunun neticesinde, iletken tasarım ve üreticileri karşı karşıya kaldıkları yeni talep ve beklentilere cevap verebilmek için yeni malzemeler geliştirmek ve bunları ürünlerin imalatlarında kullanmak durumunda kalmışlardır. Bu çalışmada, günümüzde bu alanda öne çıkan yeni Al-Zr malzemelerle tasarlanan çıplak hava hattı iletkenlerin kullanım avantajlarının yanı sıra elektriksel ve mekaniksel özellikleri de tanıtılmaya çalışılmıştır. Ayrıca bu bilgilere ilave olarak bunların üretimlerine ait bazı tekniklerden de bahsedilmiştir.*

**Anahtar sözcükler :** İletkenlik, geleneksel iletkenler, alüminyum alaşımı, ısı direnci.

*As a result of the technological and industrial development, bare conductor designers and producers have been forced to develop new materials because of the increasing demand of the electrical energy. In this study, the last popular alloy Al-Zr in transmission lines has been introduced by considering its advantages and mechanical and electrical properties of it. In addition to them, some of production technics has been given.*

**Keywords :** Conductivity, conventional conductors, aluminium alloy, heat resistant.

## GELENEKSEL OLARAK KULLANILAN İLETKEN MALZEMELERİ

G eçmişten günümüze 80 yıldan fazla enerji nakil hatlarında kompozit yapıda olan Alüminyum-Çelik kombinasyonları kullanılmaktadır. Bu tasarımda, dış tesirlerle oluşan yayılı yükleri taşımak için merkezde bükülü halde bulunan çelik öz kullanılmaktadır. Çelik tellerin çekme dirençleri 140-160 daN/mm<sup>2</sup> arasındadır. Alüminyum tellerin çekme dirençleri ise 16-18 daN/mm<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Çelik ve alüminyum teller arasındaki yüksek çekme direnci farkına rağmen kompozit yapı dış yüklerle direnç gösterirken, yüklerin küçük bir oranında alüminyum teller tarafından karşılanır. Bu kompozit iletkenlere çelik özlü iletkenler denilmekte ve uluslararası imalat ve ticaret alanında ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) olarak adlandırılmaktadır.

Bu iletkenlerin iletkenlik görevi çelik öz üzerine beher katı farklı yönlerde sarılmış ve saflık derecesi min. %99.6 Al-1350 tellerle yapılmaktadır.

Standartların gereklerini yerine getirmeleri için bu alüminyumlardan beklenecek temel kriterler ise;

- V<sub>Cr</sub> ve Ti seviyesinin muhakkak %0.005'in altında olması ve
- Fe/Si oranının 2 ve yukarıda olmasıdır.

Merkezde çelik öz ve onun üzerinde alüminyum iletken katlarının oluşturdukları kesit alanları pek çok amaca göre değiştirilerek farklı kombinasyonlar oluşturulabilir.

Tüm bu değişiklikler hattın tasarımında kullanılan parametrelere göre yapılmaktadır. Zira iletkenin her koşulda çalışıyor durum da olması ilk arzu edilen esas zorunluluktur. Dolayısıyla, iletkenler her koşulda, ki beklenmedik olağanüstü durumlarda dahil olmak üzere kar yüklerine, buz yüklerine, rüzgar yüklerine, mücade edilen ısınma derecelerine ve her türlü iç sürtünmelerine karşı direnç gösterebilmelidir. ACSR tasarımları 80 yıldan fazla bir süreden beri bu zorlu şartlara oldukça başarılı olarak dayanabilmişlerdir.

\* Alüminyum iletkenler fabrikası-Türkkablo A.O

\*\* Mekatronik Fakültesi Kocaeli Üniversitesi

Son zamanlarda, geçmişi 15-20 yıla dayanan süreç içerisinde ise kompozit yapı yavaş yavaş yerini tek malzemeli homojen yapıda olan Al-Mg-Si alaşımlarından yapılmış alüminyum iletkenlere bırakmaya başlamıştır. Bu iletkenlerin uluslararası alanda anılma adı ise AAAC (All Aluminium Alloy Conductor)'dir. Bunlar muhtelif kesitlerde üretilerek farklı isimlerle kullanıcılara sunulmuştur. Bu tür iletkenlerin ilk kullanılmaya başlandığı yer ise UK elektrik idaresinin sorumlu olduğu alanlardır [1,2].

Isıl işlem yapılarak sertleştirilen tellerle imal edilen iletkenler, ACSR ile aynı kesitli olmasına rağmen daha yüksek mukavemetli, daha fazla enerji taşıma kapasiteli ve daha hafiftir. Buna karşın fiyatı ACSR 'ye göre daha yüksektir. Ancak buna rağmen 2-3 yıllık vadede daha fazla enerji nakletme özelliği ile bunu telafi etmesinden dolayı yaygın kullanım alanı bulmaya başlamıştır.

Bu iletkenlerde malzeme açısından aranan temel kriterler ise;

- Alaşımın Mg ve Si oranının %0.5-0.6 arasında olması
- % uzama miktarlarının ise 3.0 mm tel için %3 ve yukarısında olması
- Planetary tip makinalarda bükülmüş ve ön şekillendirme yapılmış olmasıdır.

Bu iletkenlerin, rüzgarın doğurduğu titreşimlere ve bu etkilerle oluşan malzeme yorulmalarına ve ACSR iletkenlerin karşı koyabildikleri diğer tüm dış kuvvetlere başarıyla daha iyi direnç göstermesi sebebiyle kullanma tercihlerini arttırmıştır.

ACSR ve AAAC iletkenlerinin birlikte oluşturdukları muhtelif tasarım kombinasyonlarında mevcut olup bunlar:

1- ACAR (Aluminium conductor alloy reinforced): Bu tip tasarımlarda ana taşıyıcı olarak alüminyum alaşımlı teller kullanılmaktadır. Al-Mg-Si'lu teller 30 daN/mm<sup>2</sup> seviyelerinde olan mukavemetleri nedeniyle iletkenin maruz kalacağı tüm dış kuvvetleri, yüksek saflıklı EC (Electrical Conductor) grade tellerin takviyeleri ile karşılamaktadırlar. EC grade alüminyum tellerin saflık

dereceleri %99.6-%99.7 arasında değişkenlik göstermektedirler [2, 3].

2- AACSR (Aluminium alloy conductor steel reinforced): Yaygın kullanılmaya tercih edilmeden önce tasarımı tiplerinden birisidir. Merkezde bükülü olarak bulunan çelik tellerin üzerine alüminyum alaşımlı tellerin farklı katlarda farklı yönlerde bükülmeleri ile elde edilirler. Çok yüksek mekanik dayanım gerektiren, örneğin boğaz ve nehir üstü geçişlerinde kullanılmaktadırlar [2,3].

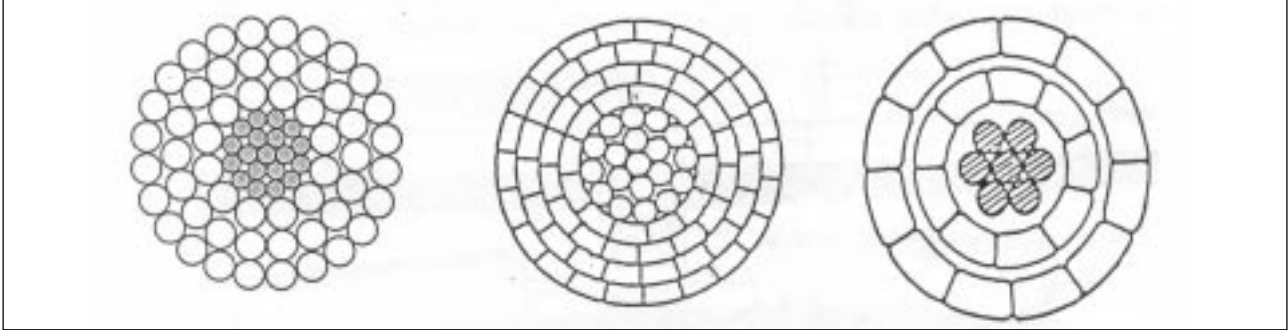
3- AAC (All Aluminium Conductor). Yapısı tamamen Alüminyum %99.6-%99.7 alaşımlardan çekilen tellerden tasarlanmıştır. Ancak düşük çekme dayanımı ve dolayısıyla dış kuvvetlere karşı düşük direnç göstermesi nedeniyle yaygın uygulama alanı bulamamıştır. Belediye sınırları içinde kalan dağıtım hatlarında ve küçük kesitli tasarımlarda kullanılmaktadır.

İletken tasarımında bilindiği gibi tüm malzemeler genel olarak (Çelik, en az %99.6 saflıkta alüminyum, alüminyum alaşım vb.) yuvarlak çekilmiş tel formundadır.

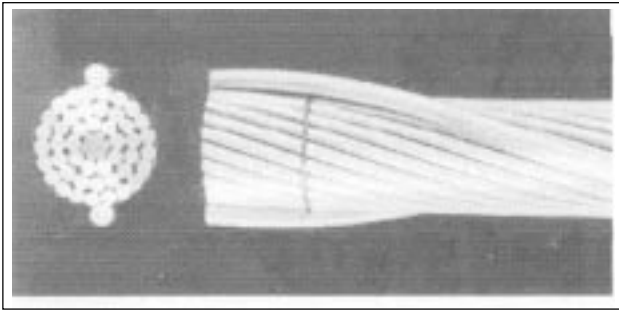
Ancak geleneksel iletken tipleri bunlarla kalmayıp bahsedilen bu iletkenlerin farklı formda pek çok uygulamaları da vardır. Kompaktlama bu işlemlerden biridir. Bu işlem iletkenin bükülme safhasında dairesel dönen haddeler arasından geçirilerek dairesel-temaslı yuvarlak tel boşluklarının kapatılarak daha yoğun ve daha küçük çaplı iletkenler elde edilmesiyle yapılmaktadır. Bu tür uygulamaların bir diğeri ise, tellerin çekilirken trapezoid (ikizkenar yamuk) formunda elde edilmesi ve daha sonrada bunların bükülmesidir. Şekil-1'de dairesel kesitli ve şekillendirilmiş iletkenlere ait bazı uygulamalar verilmiştir. Ancak iletkenler sadece dairesel formda üretilmemektedir. Titreşim problemlerinin azaltılması veya titreşimlerle oluşan gürültülerin azaltılması için iletkenin formu zorunlu olarak değiştirilir. İşte bu tür amaçlar için tasarlanmış dairesel olmayan iletkenlere ait bir örnek Şekil-2'de verilmiştir [4]. Bahsedilen bu

tasarımların uluslararası olarak kullanılan kodlar ; TW: Trapezoidal tel ( ikizkenar formu verilmiş tel) ACSR/TW, AACSR/TW, AAC/TW, AAAC/TW' dir.

geleneksel iletkenlerde kritik üst çalışma sıcaklığı maksimum 70°C olarak verilmektedir. Eğer 70°C sıcaklığın üstüne çıkılırsa iletkendeki dış yükler tamamen



Şekil 1. Dairesel Tellerden Bükülmüş Geleneksel İletken İle Şekillendirilmiş İletkenlerin Kesitleri [4].



Şekil 2. Rüzgarın Yarattığı Titreşimler Nedeniyle İletkenlerin Çevreye Verdiği Gürültü Kirliliğini Azaltmak İçin Tasarlanmış Bir İletken [4].

## YÜKSEK ÇALIŞMA SICAKLIĞINA DAYANIKLI İLETKENLER

Japonyada 1960'lı yıllarda yapılan çalışmalarda Alüminyum-Zirkonyum alaşım kombinasyonlarının yüksek çalışma sıcaklıklarında tavlama karşı dirençli olduğu tespit edilmiştir. Bu tür alaşım kombinasyonlarında malzemelerin 230°C'ye kadar başlangıçtaki dayanımlarını koruyabildikleri görülmüştür. Bu alaşımlardan en çok bilinenlerinin anılma sembolleri TAl, UTAl, ZTAl, XTAl ve KTAl'dir [5,6].

ACSR gibi kompozit iletkenlerde alüminyumun ısı iletim katsayısı  $\alpha_a$  çeliğin ısı iletim katsayısı  $\alpha_c$ 'dan yaklaşık iki misli büyüktür. Dolayısı ile bu durumda kompozit yapının ancak belirli bir noktaya kadar ısınmasına müsaade edilebilir sonucu ortaya çıkmaktadır. ACSR tipi

çelik öze aktarılmaktadır. Türkiyedeki nakil hatlarında en çok kullanılan geleneksel iletkenlerden olan Cardinal; 54 adet alüminyum ve 7 adet çelik tellerden oluşan bir yapıdır. Kritik çalışma sıcaklıkları gerçekte en yüksek 90°C'dir. Toleranslarıyla birlikte çalışma sıcaklığının üst limitinin (90°C) aşılmasını "bozulma başlangıç noktası" olarak tanımlandığında bu noktadan sonra tüm dış yükler özde (merkez noktanın çevresi) bulunan çelik teller tarafından karşılanmaktadır [5, 6, 7].

Alüminyum tellerin zamana ve sıcaklığa bağlı olarak yavaş yavaş tavlanaarak yumuşaması ve çekme dayanımındaki düşüşler nedeniyle yeterli yük taşıyamaz hale gelmesiyle hatların kopmaları söz konusudur. Bu nedenlerden dolayı 20 yılı aşkın süredir deneme çalışmalarında olan ve Uzak Doğuda (Japonya, Kore, Yeni Zelanda, Filipinler ve Çin vb.) kullanılan Al-Zr alaşımlı iletkenler dünya genelinde kabul görmeye başlamıştır. Bu tercihler özellikle gelişmekte olan ülkelerin enerji nakil hattı yatırımlarında görülmektedir [5, 6, 7, 8].

Isıya dayanıklı alüminyum iletkenler sınıfını oluşturan bu gurubun tercih edilmesindeki ana unsur "daha küçük kesitten daha fazla akım taşıyabilmesi"dir. Al-Zr alaşımı iletkenlerin çalışma sıcaklıkları geleneksel Al-1350 ACSR

iletkenlere göre bariz farklılıklar göstermektedirler. Bu iletkenler nominal 150 °C'de çalışırken Al-1350 ACSR iletkenler nominal 70 °C'de çalışabilmektedir. Çalışma sıcaklıklarındaki bu farka ilaveten diğer bir avantajıda eşdeğer Al-1350 ACSR ye göre çapının %20 ila 30 arasında küçük olmasıdır [5, 6, 7, 9].

## Al-1350 İLETKENLER İLE Al-Zr ALAŞIMLI İLETKENLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Enerji nakil hatları bilindiği gibi belli bir enerji tüketim değerlerine göre tasarlanırlar. Zamana bağlı olarak sanayileşme, elektrik enerjisinin ısınma-soğutma sistemlerinde kullanımının artması ve umulmadık bir şekilde yerleşimlerin büyümesi çoğu zaman bizim gibi gelişmekte olan ülkelerde enerji nakil hattı yatırımları yetersiz kalmaktadır.

Mevcut hatlar maksimum kapasitelerinde çalıştırıldığında gerekli enerji transferini yapmada yetersiz kalıyorsa yapılacak en iyi şey hatların yenilenmesidir. Bu yenileme safhasında tekrar ileride buna benzer bir hataya düşmemek için akım taşıma kapasitesi Al-1350 ACSR iletkenin iki katı olan TAl (Al-Zr) alaşımların kullanılması önemli bir seçenek avantajı getirecektir. TAl (Al-Zr) tellerden yapılan iletkenlerin tercih edilmesiyle;

alüminyum kaplı çelik teller kullanılarak servis ömürlerini 60 yılın yukarısına çıkarılabilmekte,

- Al-1350 ACSR iletkenlerle eşdeğer akım taşıma kapasitesinde kullanıldığında iletkenin ölü ağırlığından %50 tasarruf yapılabilmektedir.
- Ayrıca, Al-1350 ACSR ile eşdeğer akım taşıma kapasitesinde Al-Zr iletkenlerin çap değerleri %20 ile 30 arasında daha küçük olacaktır. Bu ise, yeniden konstrüksüyonu yapılan hatlarda daha küçük ve daha hafif ek malzemelerinin kullanılması anlamına gelmektedir.
- Eğer herhangi bir bölgeye iletim hatları tamamen yeniden yapılıyorsa eşdeğer Al-1350 ACSR iletkenine göre Al-Zr iletkenlerin taşıyıcı direklerinde daha az ağırlık taşımaya göre tasarlanacaklarından dolayı direkler için harcanacak malzeme maliyetlerinde daha azalacaktır [5, 6, 9].

Tablo-1'de Al-1350 ACSR grubundan Linnet kod isimli iletken ile eşdeğeri olan T-ACSR ( Isıya dayanıklı Al-Zr alaşımli çelik öz takviyeli iletken, veya TAl-ACSR) karşılaştırması verilmiştir. Bu karşılaştırmada çap, ağırlık ve iletken alanların eşitliği göz önüne alınmıştır.

Aynı iletkenlerin eşdeğer akım taşıma kapasitelerine göre karşılaştırması Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 1.** % 99.7 Al'dan ve Çelik Telden Yapılmış Al/1350-Linnet ile TAl-Linnet Kombinasyonundaki ACSR İletkenlerin Eşdeğer Kesit Alanına Göre Karşılaştırması [9].

İletken	Dış Çap (mm)	Kesit Alanı (mm <sup>2</sup> )	Birim Ağırlığı (kg/km)	DC Elektriksel Direnç 20°C' de	Kopma Kuvveti (daN)	Akım Taşıma Kapasitesi (Amper)
Linnet (A) Al-1350	18.29	198	688	0.17010	6396	356
Linnet (TAl)	18.29	198	688	0.17292	6396	516
% Fark TAl-A/A	-	-	-	1.7	-	45

- Bir miktar iletkenlikten taviz verilerek akım taşıma kapasitesi yaklaşık iki katına çıkarılmakta,
- Bu tür iletkenlerde standart galvanizli çelik teller yerine

Akım taşıma kapasitesi Al-1350 ACSR iletkenlerde 70°C'de Al-Zr alaşımli T-ACSR iletkenlerde ise 150 °C'de hesaplanmıştır. Çevresel ortamın rüzgarlı olduğu

**Tablo 2.** % 99.7Al 'dan ve Çelik Telden Yapılmış Al-1350 Linnet ile TAl-Linnet Kombinasyonundaki ACSR İletkenlerin Eşdeğer Akım Taşıma Kapasitesine Göre Karşılaştırması [9].

İletken	Dış Çap (mm)	Kesit Alanı (mm <sup>2</sup> )	Birim Ağırlık (kg/km)	DC Elektriksel Direnci 20°C'de	Kopma Kuvveti (daN)	Akım Taşıma Kapasitesi (Amper)
Linnet (A)	18.29	198	688	0.17010	6396	356
Linnet (TAl)	14.31	125	433	0.27200	3864	382
% Fark TAl-A/A	-21.80	-36.90	-37.1	60.0	-39.5	7.3

**Tablo 3.** TAl (Al-Zr alaşımı) ve Al 1350 Tellerinin Fiziksel Özellikleri [9].

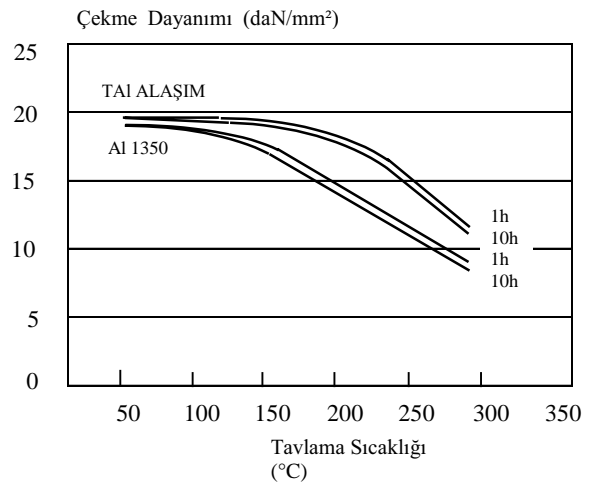
Özellikler	TAI	Al-1350
Erime noktası	°C	660
Özgül ısı	cal/g 20°C	0.22
Özgül ağırlık	g/cm <sup>3</sup>	2.7
Isı iletkenliği	cal/cm.s°C	0.5
Doğrusal genişleme katsayısı	1/°C	23x10 <sup>-6</sup>
Elektriksel iletkenlik	% IACS	60
Elektriksel özdirenç	ohm.mm <sup>2</sup> /m	0.028736
Elektriksel direnç değişim katsayısı	1/°C	0.0040
Çekme dayanımı	daN/mm <sup>2</sup>	16 – 20
% Uzama	%	1.5 – 2.3
Elastisik modülü	daN/mm <sup>2</sup>	6300
Çalışma sıcaklığı	°C	90
Aşırı yükleme sıcaklığı	°C	100
Kısadevre sıcaklığı	°C	260

varsayılmıştır. Tablo 3'de Al-1350 tellerden bükülmüş konvansiyonel iletkenler ile Al-Zr alaşımlı transmisyon hattı iletkenlerinin bazı fiziksel özelliklerinin karşılaştırmalı tablosu verilmiştir.

### Al-1350 VE TAl MALZEMELERİNİN ÇALIŞMA SICAKLIĞINA VE ZAMANA BAĞLI DAVRANIŞLARI

TAl ile Al-1350 tellerinin oda sıcaklığından başlayarak daha yüksek sıcaklıklara ısıtıldığında tavlanamaya karşı davranışları Şekil 3'te gösterilmiştir. Grafikte TAl tellerinin Al-1350'ye göre daha yüksek sıcaklıklarda tavlanaabildiği görülebilir. 100°C'de Al-1350 tellerde çekme mukavemetinin %2 azaldığı görülmektedir. Aynı %2'lik fark ise TAl tellerde ancak 200°C geçildikten sonra görülebilmektedir. Her telin eğrisi ayrı ayrı 1 ve

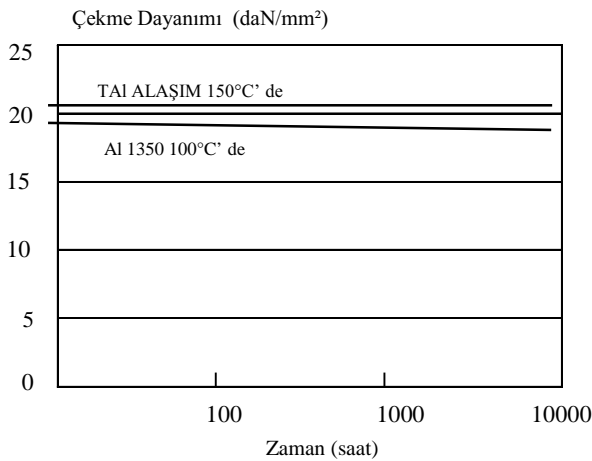
10 saatlik tavlama sürelerinde farklı sıcaklıklarda incelendiğinde Al-1350'de mukavemet kaybının çok keskin bir şekilde düştüğü gözlenebilir. Oysa TAl tellerde



**Şekil 3.** Isıya Dayanıklı Al-Zr İletkenlerin Tavlama Karşı Karakteristiği [9].

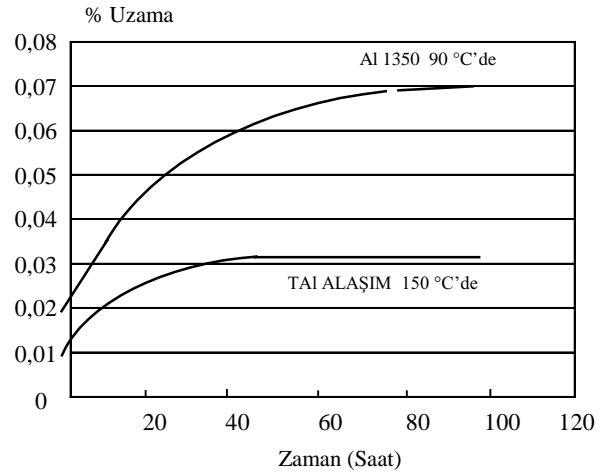
bu davranış oldukça yumuşak bir şekilde oluşmaktadır. İşte bu özelliklerden dolayıdır ki TAl tellerden yapılmış iletkenler yüksek çalışma sıcaklıklarında kullanılmaktadır.

Şekil 4'de verilen eğrilerden üstteki TAl nin kendi çalışma sıcaklığında uzun süreli tutmalarda dahi mukavemet değerlerinde bir düşüş göstermediği yani çok iyi bir gerilme gevşemesi direnci gösterdiği görülmektedir. Alttaki eğri ise Al-1350 tellerin 100 °C'deki çalışma sıcaklığında zamana bağlı olarak çekme direnci değerlerindeki düşmeyi göstermektedir. Yani Al-1350 teller TAl'in test edildiği sıcaklıktan daha düşük sıcaklıkta test edilmesine rağmen daha düşük bir gerilme gevşemesi direnci göstermiştir.



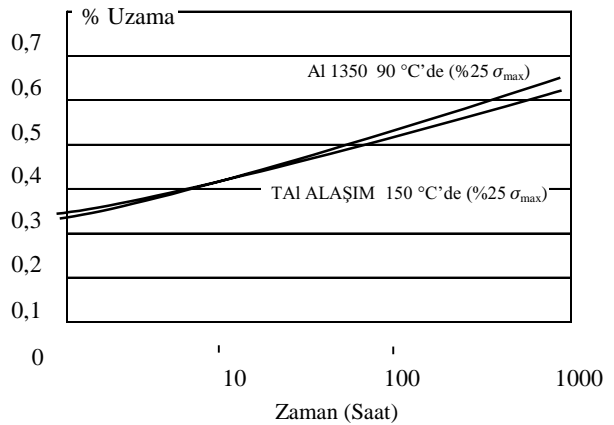
Şekil 4. Isıya Dayanıklı Al-Zr İletkenlerin Uzun Süreli Tavlanma Davranışları [9].

Şekil 5'de Al-1350 telleri ile TAl telleri arasında zamana ve % uzamaya bağlı olarak sürünme davranışları gösterilmiştir. Bu şekilden anlaşıldığı gibi TAl tellerin sürünmeleri Al-1350 'ye göre yaklaşık %50 daha azdır. Bu ise, TAl tellerin üzerindeki elektrik akımının Al-1350 malzemelerinin sürünme değerlerine kadar arttırılabilir, demektir. Bu bize, TAl tellerin iletkenlikleri %60 IACS olmasına rağmen (Al-1350 tellerinki %61 IACS) TAl tellerin daha fazla akım taşıdığını gösterir.



Şekil 5. Isıya Dayanıklı Al-Zr İletkenlerin Sürünme Davranışı [9].

Şekil 6'da hem TAl tellerin ve hem de Al-1350 tellerinin eşit sürünme değerleri için çalışması gereken sıcaklıklar ve yüklenme koşulları gösterilmiştir [7, 8, 9].



Şekil 6. Isıya Dayanıklı Al-Zr İletkenlerin Sürünme Davranışı. Uygulanan Gerilme En Büyük Çekme Direnci ( $\sigma_{max}$ ) Değerinin % 25'idir [9].

## Al-Zr İLETKENLERİN ÜRETİMLERİ

Türkiye'de iletken imalat endüstrisinde 4 adet fabrika mevcuttur. Bunlardan 3 tanesi aktif olarak faaliyetlerini sürdürmektedir. Diğeri ise tamamen devre dışıdır. Aktif olan üç iletken fabrikasından ise sadece bir tanesi geleneksel iletken malzemelerinden farklı olarak AlMgSi alaşımli iletkenleri de üretmektedir. Bilindiği gibi bu alaşımın iletken sanayinde AA-6101 ve AA-6201 olarak



farklı kombinasyonları vardır ve bunların her ikisinde Türkiye'de işlenebilmektedir.

Aynı kuruluş Türkiye'de imalatı yapılmayan ve kullanılmayan Al-Zr alaşımını imalat hatlarına alma çalışmasını başlatmıştır. Bu iletken özellikle Uzak Doğuda yaygın olarak kullanılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde projelendirilmeye başlanılan bu iletkenler özellikle enerji nakil hatlarını yeni yapmaya başlayan ülkeler için çok ekonomik olmaktadır.

Bu iletkenlerin imalatını dünyada belirli birkaç firma yapmaktadır. Dolayısıyla yaygın bir bilgi birikimi yoktur. Herhangi bir iletken fabrikası, üretimi yapmak için "know-how" bedeli ödemek zorundadır. Diğer bir alternatif ise, üniversite-sanayi işbirliği çerçevesinde bilgi transferi ile prosesin uygulama ayrıntılarını tek tek tespit ederek kendi teknolojisini üretmek ve kendi sanayisine kazandırmaktır.

TAl telli iletkenler benzer şekilde geleneksel iletkenler gibi sürekli döküm hatlarında imal edilirler. Tutma fırınlarına alınan ergitilmiş alüminyum, firmanın tespit ve kabul ettiği %X miktarındaki Al-Zr master alaşımı ile alaşımlandırılır. Daha sonra klasik curuf ve gaz alma işlemleri yapıldıktan sonra döküm jantından alınan bara haddelenir. Baraların haddelene safhasında, haddelmeden önce indüksiyon fırını ile ısıtılarak homojenizasyonu yapılmalıdır. 9.5 mm çapındaki rodlardan çekilen teller T-8 işlemine tabi tutularak çökme sertleşmesi uygulanır. Bu işlemle malzemenin çekme direnci ve iletkenliği iyileştirilmiş olur. T-8'den çıkan teller daha sonra bükme işlemlerine tabi tutulur.

## SONUÇ

Türkiye'nin önemli yatırımlarından biri olan enerji nakil hatlarının ekonomik servis ömürleri 30 yılı aştığı için teorik olarak dolmuştur. Tüm bu hatlar zamana yayılarak planlı bir şekilde değiştirilecektir. Türkiye bu aşamada bugüne kadar elde ettiği tecrübelerden yararlanarak bir karar verecektir. Günümüzde yeni iletkenlerin ömürleri 60 yıl ve yukarısına çıkmış durumdadır.

TAl telli iletkenler iki türlü imal edilebilir. Bunlardan birisi iletkeni galvanizli çelik ile imal etmek, diğeri de iletkeni alüminyum kaplanmış çelik ile imal etmektir. Galvanizli çelik ile imal etmekle sadece TAl telli iletkenlerin akım taşıma kapasitesindeki üstünlüklerinden yararlanılabilmektedir. Oysa iletken alüminyum kaplanmış çelik ile büküldüğünde akım taşıma kapasitesindeki üstünlüklerine ilaveten, kompozit yapı gereği oluşan korozyon aktiviteleri ortadan kaldırılabilecek, dolayısı ile ömürleri 30 yıldan 60 yıl ve yukarısına çıkacaktır.

Bu iletkenlerin görünüşleri, yapıları geleneksel iletkenlerle aynıdır. Türkiye enerji nakil hatlarını yenileştirirken AA-6101 veya AA-6201 iletkenlerinden başka Al-Zr alaşımını bu iletkenlerden de coğrafi şartları farklı bölgelerde, özel amaçlar için yararlanılabilebilir, kanaatindeyiz. Türkiye'de AA-6101 ve AA-6201 alaşımını iletkenler imal edilerek yurt dışına satılmaktadır. Pek yakında yürütülen çalışmalar çerçevesinde TAl (Al-Zr alaşımını teller) tellerden yapılan iletkenlerde dış pazarlara satılabilir hale gelecektir.

## KISALTMALAR

- ACSR : Çelik öz takviyeli alüminyum iletkenler.  
AAAC : Tamamı alüminyum alaşım iletkenler.  
ACAR : Alaşım özlü alüminyum iletkenler.  
Al-1350 : 1xxx serisinin bir kombinasyonundan olan 1350 alüminyum'dan yapılmış teller.  
AACSR : Çelik öz takviyeli alüminyum alaşım iletkenler.  
AAC : Tamamı alüminyum iletkenler.  
T : Isıya dayanıklı iletkenlerin başında kullanılan harf.  
h : zaman ( saat)  
TW : İkizkenar yamuk formundaki teller için kullanılan harfler.  
TAl : Isıya dayanıklı alüminyum iletken telleri (Al-Zr alaşımını).  
UTAl : Yüksek seviyede ısıya dayanıklı iletken telleri.  
ZTAl : En üst seviyedeki ısıya dayanıklı iletken telleri.  
XTAl : Ulaşılabilecek maksimum ısıya dayanıklı teller.

KTAL : Yüksek mukavemet seviyesindeki ısıya dayanıklı teller.

$\sigma_{max}$  : En üst seviyedeki çekme mukavemeti.

### KAYNAKÇA

1. **Ferguson, J.M., Gibbon, R.R.**, Overhead Transmission Lines- Refurbishment and Developments. Power Engineering Journal, 1994. pp. 109-118.
2. **Davies, G.**, Aluminium Alloy [6201, 6101A] Conductors, International Conference on Overhead Line Design and Construction: Theory and Practice (up to 150kV) 28-30 Nov, London UK, 1988, 93-97.
3. **Karabay, S., Onder, F.K.** An Approach for Analysis in Refurbishment of Existing Conventional HV-ACSR Transmission Lines With AAAC. Electrical Power System Research, December Issue 2, 2004, Vol. 72, 179-185.
4. **Havard D.G., Motlis, Y., Meale, J.R., and Woodward S.R.**, "Spacer Damper Spacing to Reduce Damage due to Aeolian and Wake Induced Vibration". Electricity 94<sup>th</sup> Conference for the Electric Power Industry, Westin harbour castle, Toronto, Ontario, Canada. March 20-24,1994.
5. **S, Sasaki, T. Takebe, K. Miyazaki, M. Yukota K.satau, S.Yoshida, I. Matsubara.**, "New Extra Heat Resistant Aluminium Alloy Conductor Galvanized Invar Reinforced", SEI Technical Review, No. 125, September, 1984.
6. **S. Kotaka, H.Itou, T. Matsuura, K. Yonezawa and H. Morikawa.**"Application of Gap-type Small-Sag Conductors for Overhead Transmission Lines". SEI Technical Review, No. 50, June 2000, 64-72.
7. **H. Ito., M. Ishikawa.** Practical Application of Extremely-Low Sag Increased-Capacity Aluminium Conductor Invar Reinforced. SEI Technical Review, No. 133, September 1988.
8. **S. Sakabe., K. Okade., T. Okumura.** The Large Current Capacity GSTACSR for Overhead Transmission Lines. SEI, Technical Review, No.107, November 1972.
9. **Kawakami, K.; Okuno, M., Ogawa, K., Miyauchi, M., Yoshida, K.** Heat Resistant Aluminium Alloy. Furukawa Review, No. 9, 1991, 81.

## ODA DERGİLERİ 2005 YILI ABONE FORMU

<b>Adı-Soyadı</b>	:	.....
<b>Meslek</b>	:	.....
<b>İşyeri Adı</b>	:	.....
<b>Adres ve Posta Kodu</b>	:	.....
<b>Telefon</b>	:	.....
<b>e-posta</b>	:	.....
<b>Kayıtlı Olduğunuz ODA</b>	:	.....
<b>Oda Sicil No</b>	:	.....
<b>İSTENİLEN DERGİ</b>		
<b>Dergi</b>		<b>Yıllık Abone Bedeli</b>
[ ] Mühendis ve Makina.....		30 YTL
[ ] Endüstri Mühendisliği.....		15 YTL
[ ] Tesisat Mühendisliği.....		18 YTL
Tek Dergi Bedelsiz	<input type="checkbox"/> Mühendis ve Makina	<input type="checkbox"/> Endüstri Mühendisliği
		<input type="checkbox"/> Tesisat Mühendisliği
<b>Ödenen Miktar</b>	:	.....
<b>Ödeme Şekli</b>	:	.....
<b>Gereğini bilgilerinize sunarım.</b>	<b>Tarih</b> .....	<b>İmza</b> .....
	..... / ..... / 2005	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 96954 No.lu Posta Çeki hesabına, fotokopisiyle beraber bir dilekçe</li> <li>• İş Bankası Yenişehir/ANK. Şb. 4218 89872 Hs. Banka dekontu ile beraber bir dilekçe</li> </ul>		

