

# Katodik Koruma

Yazanlar:

**D. PETROCOKINO**

**B. RACLOT**

Çeviren: Ümit

**YAKIN**

## ÖZET

*Bu yazıda önce, korrozyona karşı alınan tedbirlerin, tarihsel gelişimi ve korrozyonun oluş tarzı incelenmiştir. Daha sonraki bölümlerde ise, katodik korumanın iki tipi ile uygulamaları anlatılmıştır.*

## SUMMARY

*in this paper, at first it had been studied the historical development of the precautions taken against corrosion and the manner of its formation. And in the later parts, it had been related the applications of the two types of cathodic protection.*

## 1. GİRİŞ

Korrozyon, çeşitli malzemelerden (taş, çimento, maden ve alaşımlar...) yapılmış tesisat ve cihazlarda etkili ve sürekli arızalara yol açar. Bu da periyodik pahalı onarımları gerektirir. Dünyanın karşılaştığı bu sorun ile mücadele önce

ekonomik plân üzerinde bir zorunluk olmuştur. (Prof. UHLİG'e göre USA'da korrozyonun yıllık tahribatı yaklaşık olarak 5.500.000 dolarıdır). Fakat son zamanlarda korrozyonun oluş tarzının yakından incelenmesi ve onunla mücadeleyi arttıran yeni tekniklerin geliştirilmesi bu maliyete azaltıcı yönde etki etmiştir.

Korrozyonun çeşitli tipleri vardır. Tablo 1A bunların başlıcalarını veriyor. Tablo 1.B ise korrozyonun çeşitli nedenlerini göstermektedir, öteden beri, korrozyon ile mücadele edebilmek için çeşitli çarelere baş vurulmuştur. Tablo 1.C bu çeşitli çareleri toplu olarak ortaya koymaktadır. Bu işlemlerden bazıları uzun zamandan beri tanınmaktadır. Romalılar demir çivi başlarını kurşun ile kaplıyorlar ve kadırgalarının omurgalarına koruyucu bakır levhalar tesbit ediyorlardı. Diğer işlemler ise ancak yakın zamanlarda gelişmiştir. Katodik koruma 1824 yılında doğmuş ve ancak otuz seneden beri bilimsel bir kesinlikle uygulanmıştır. Katodik korumayı iyice anlayabilmek için, bir elektrolit içindeki korrozyonun pratik olarak elektro-kimyasal kökenli olduğunu bilmek gerekir. Elektro-kimyasal korrozyonun başlıca iki elektrik kökeni vardır:

1. Aşağı yukarı kısa devrede çalışan, anot ve katodu içine alan basit bir galvanik çiftin etkisi.

2. Yapıya dış kökenli bir elektrik alanının etkisi. Bu alan elektrolit içinde bir akım doğurur. Bütün akın çıkışları anodik, girişleri ise katodiktir.

Şekil 1'de verilen her iki grafik, elektrolit içinde ve elektrotlar üzerinden devresini tamamlayan akımın etkisini göstermektedir. Akımın etkisi ile basit galvanik çiftin polarizasyonu, her iki elektrod arasındaki potansiyel farkını azaltmaktadır. Bu olay klasik elektrik pillerinin bilinen polarizasyonudur. Bu polarizasyon, katodik bir depolarizan tarafından nötralize edilir.

Dış elektrik kökenli bir akım halinde ise, polarizasyon her iki elektrod arasındaki potansiyel farkını artıracaktır.

**TABLO 1.A.**

KORROZYONUN BAŞLICA TİPLERİ			
Bütün yüzeye yayılmış halde	Karınçalanmış halde	Çatlaklar halinde	Pullar halinde dökülerek

**TABLO 1.B.**

#### KORROZYONUN SEBEPLERİ

Sırtamın	1	1	1	1
kendine ihrip	Malzemelerdeki yabancı	Bi-metalik çift : En fazla neg. olan metal elemanı	Doğru akım kayıplarının	Bi-çiftin farklı şekilde hava

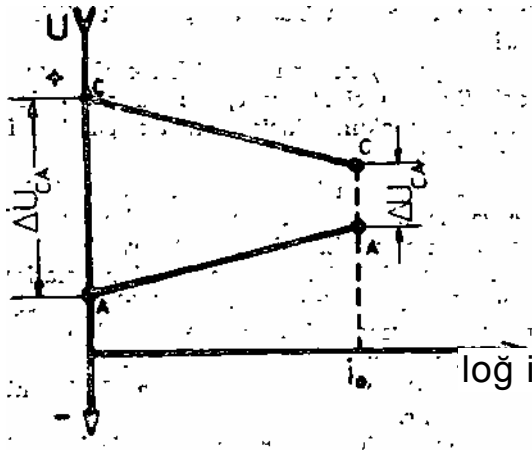
**TABLO 1. C.**

#### KORUMA ÇARELERİ

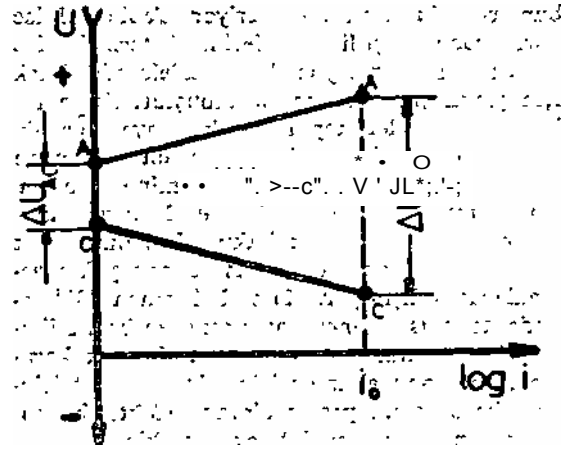
Kimyasal yol	Elektro-kimyasal yol		örtü	
önleyici Pasifleştirici	Anodik koruma	Karma koruma	Boya Vernik	Metalik Örtü
		Katodik koruma		

Anodik Oksidasyon      Katodik veya anodik flüorasyon      Sulfinizasyon      Galvanik      Metalizasyon





Galvanik



İ-Elektrolitik

Şekil 1

Elektrodların bu polarizasyon diyagramlarının tanımını, toprağa gömülü veya su içindeki bir çelik yapının korrozyonu incelendiği zaman, bu korrozyonun elektrolitik mi yoksa galvaniz kökenli mi olduğunu ortaya çıkarmaya yarar.

Sağlam-bir bölge ile (katod) bir korrozyon bölgesine (anot) referans elektrodları yerleştirilirse — örneğin deniz suyunda Ag/AgCl veya kalomel/KCl doymuş — bu iki elektrod arasından bir potansiyel farkı ölçülür (Şekil 2).



Şekil 2 Bir yapının iki noktası arasındaki potansiyel farkı.

Eğer bu potansiyel farkı küçük ise (30 mV veya daha küçük) ve anot (kuvvetli korrozyon ile tanınan) katoda oranla negatif ise, korrozyon büyük bir kesinlikle galvaniktir. Karşıt olarak, bu potansiyel farkı büyük ise (50 mV veya daha büyük) ve korrozyon bölgesi (anot) katoda nazaran daha pozitif ise, korrozyon elektrolitik kökenlidir.

\*\*II ij -j-

Bu yöntem deniz suyundan aşınan bir çok yapıda denenmiştir; Gemi omurgaları, yüzer havuzlar ... vb. Fakat bu yöntemle iyi sonuç alabilmek için referans elektrodlarının konumlarının çok iyi seçilmesi gerekir, örneğin : elektrikli bir demir yolunun belirli bir mesafesinde yer

alan bir yapı için, elektrodlardan birini hat ve diğerini yapının yakınına yerleştirme yeterli değildir.

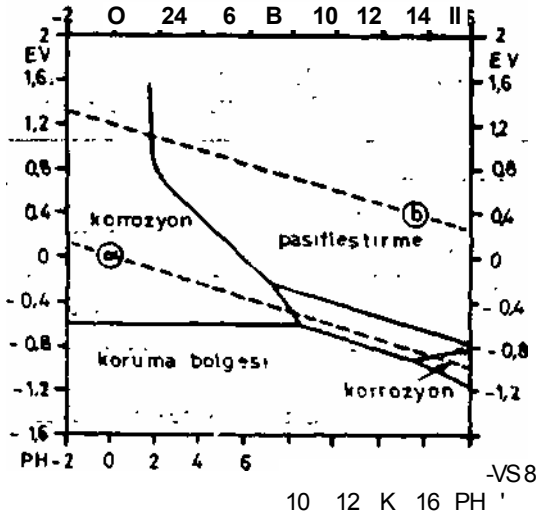
Eğer elektrodlar bu şekilde yerleştirilseydi, hat civarındaki toprak ile toprak veya suda bulunan yapı - arasındaki statik potansiyel, f açısı — gözden geçirilen bu iki nokta - üzerinden devresini tamamlayan akım tehlikeli bir düzeye çıkmadığı sürece — ölçülecekti. Bundan dolayı önce, anodik bir çıkış alanı ile *bizzat* yapının veya bu yapıya çok yakın bir yapının kesin olarak bilinen katodik bir alanını saptamak gerekir.

- Birbirinden çok uzaklaştırılmış iki elektrod arasındaki gerilim, özellikle direnci büyük bir ortamda, iç direnci 100.000 fi/Vdan küçük olan bir alet ile ölçülürse, bu gerilimin elektrodlar arasındaki mesafe ile orantılı olarak arttığı görülür.

Akım tarafından meydana getirilmiş katot üzerindeki polarizasyon etkisinin incelenmesi göstermiştir ki; belirli bir seviyeye geçtikten sonra katot metali artık aşınmamaktadır.

Prof. M. Pourbaix termodinamik incelemeler; ile, polarizasyonun teorik koşullarını, ortaya koymuştur. Bulunan bu koşullarla ile, Prof. G. Chaudron tarafından saptanmış katodik koruma alanına metallerin yerleştirilmesi sağlanmıştır.

Şekil 3 Prof. M. Pourbaix tarafından ortaya atılmış demirin elektro-kimyasal denge diyagramını gösteriyor (Potansiyel-pH diyagramı). Bu diyagrama göre katodik koruma alanı —0,62 V ve "elektrolitler için hiç olmazsa pH < 10'dan itibaren başlanmaktadır.



Şekil. 3 Demirin teorik olarak korrozyon, koruma ve pasifleştirme bölgeleri (25° C için).

Bu potansiyelin hesabı aşağıda verilmiştir:

(1) No.lu bağıntı bir elektrolitte demir iyonları konsantrasyonunun fonksiyonu olarak elektrod potansiyelinin değerini veriyor.

$$E = E_0 - \log C_{Fe} \quad (D)$$

$$0,059 \text{ Demir için } E_0 = -0,443$$

V

Eğer demir artık aşınmıyorsa, elektrolitik içindeki konsantrasyonu çok küçüktür: Bu değer için baz olarak  $10^{-6}$  atom gr/lt alınarak ( $C_j$ ,  $10^{-6}$ ):

$$E = -0,443 + \dots = -0,62\text{-V}$$

$$-6 \times 0,059$$

bulunur. Şu., halde katodik koruma, katod polarizasyonuna yol açan akım etkisi altında gerilim,  $-0,62$  V'a erişebilirse başlayacaktır.

Deniz suyu veya topraktaki ölçüler için genel olarak, hidrojenli elektrodlar dışında kalan diğer elektrodlar kullanılır. örnek olarak: Cu/So<sub>4</sub>Cu, Hg/Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, Ag/AgCl

Aşağıdaki tablo hidrojenli elektrodlar ile diğer elektrodlar arasındaki mevcut ilgiyi gösteriyor:

Elektrode Hg/Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> — KCl doymuş : 0,245 V

Elektrode Ag/AgCl — deniz suyu - : 0,283 V

Elektrode Cu/So<sub>4</sub>Cu — deniz suyu : 0,315 V

Bu durumda • korunan 'çelik yapı ve referans elektrodları arasındaki potansiyel farkı aşağıdaki değerleri alır:

Elektrode Hg/Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> — KCl doymuş : — 0,620-0,245 = —0,865 V

Elektrode Ag/AgCl — deniz suyu : — 0,620-0,283 = —0,903 V

Elektrode Cu/So<sub>4</sub>Cu — deniz suyu : — 0,620-0,315 = —0,935 V

Yukarıda belirtilen elektrodlardan ilk ikisinden birinin kullanılması halinde, potansiyel farkı — 0,780 "V'a eriştiği zaman" "korrozyonun durduğunu" deneyler göstermiştir.

Eğer akım şiddeti yükselirse, polarizasyon belirli bir değerin üzerine çıkamaz. Yapılan çeşitli çalışmalardan (Scott — Kuhn — Sudrabın...) bu max. değerin — 1,145 V olacağı bulunmuştur. (Hg/Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> — KCl doymuş) Şu halde koruma koşullarından dolayı bu potansiyel farkı yerel olarak açılırsa, bu değere oranla aradaki fark, örtüdeki potansiyel düşümüne tekabül eder ve ortalama akım yoğunluğundan hareket "ederek" örtünün yalıtım direncini hesaplamaya yarar.

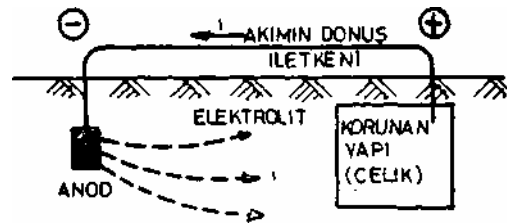
## 2. İKİ KORUMA TİPİ

Katodik korumanın ilkesinin, elektrolit içinden korunacak yapıya doğru bir polarizasyon akımı göndermek olduğunu yukarıda göstermiştik. Bu akımı elde etmek için şu iki yöntem arasından seçim yapılabilir:

1. Galvanik yöntem,
2. Elektrik yöntem.

### 2.1. Galvanik yöntem

En basit koruma tipidir. Yapıyı katod olarak ve katoda nazaran daha anodik bir metali anot olarak kullanarak bir pili gerçekleştirmek, bu tip koruma için yeterlidir (Şekil 4).



Şekil.:4

Her iki elektrod bir elektrik hattı ile birleştirilerek anot ve yapı üzerinden bir akımın devresini tamamlaması ve böylece yapının korunması sağlanır.

Standart potansiyelleri veren Tablo 2'den görülebilir ki; bir çok metal demir bir yapının kar-

şısında negatif elektrod olarak kullanılabilir. Fakat özellikle ekonomik nedenler dolayısıyla şu üç metal veya daha iyisi, onların alaşımları tercih edilir: magnezyum alaşımları, alüminyum alaşımları, çinko alaşımları. -

**TABLO. 2 Metallerin potansiyeli (25° C suyun içinde): ,**

Magnezyum ve alaşımları	—2,35 V
Alüminyum	—1,67 V
Çinko ve alaşımları	—0,76 V
Ticari , kalite çeljk	—0,44 V
Font	—0,20 -r- 0,70 V
Kurşun	—0,13 V
Bakır	+0,34 V

**TABLO. 3**

• Metal	Standard Potansiyel	Elek-Kim. Ekvilant
Magnezyum	-2 3 5	0,435
Alüminyum	-1,67	0,337
Çinko	—0,76	1,225

Tablo 3 bu üç metalin ana karakteristiklerini göstermektedir.

Anot imali için kullanılan çeşitli alaşımların verim ve potansiyeli esas olarak kullanıldıkları ortama bağlıdır (Tablo 4).

**TABLO. 4**

(mA)	T î P	E (V)	Anodik verim (%)	Tüketim (kg/yd)	
				Teorik	Pratik
650 680 600	I — Magnezyum	-1,5 -1,52 —1,48	50~70 60~75 55~65	3,97	6,10 6 6,50
	GA ^				
	GA <sub>3</sub> ZI GZ <sub>4</sub> Hg				
150 ~ 500 200 150 300	II — Alüminyum	—1,1 ----- 1,45	>80 65 50 33	2,96	3,6 4,7 5,9 9
	AG <sub>5</sub> Hg				
	AZ <sub>4</sub> HgU AZ <sub>5</sub> ASn 0,5				
	III — Çinko				
125 125	Çinko 99,999 Z A Cd Si	—1,05 —1,10	>85 >85	j 10,75	12,60 12,60

Anot metali ve demir arasındaki potansiyel farkı yükseldikçe pil tarafından verilen akım önem kazanacaktır. Bu karakteristik her metalin kullanılması sınırlarını derhal vermektedir.

Buna göre çinko küçük dirençli ortamlarda ( $p < 10 \text{ ohm.m}^2/\text{m}$ ), alüminyum daha büyük dirençli ortamlarda ( $p < 20 \text{ ohm. m}^2/\text{m}$ ), ve nihayet magnezyum oldukça büyük dirençli ortamlar-

da ( $p < 150 \text{ ohm. m}^2/\text{m}$ ) kullanılabilir.

Çinko ve alüminyum özellikle deniz suyunda kullanılırlar, o zaman magnezyumun kullanılması alanı çok genişler. Magnezyum anotlar muhtelif tip topraklarda ve doğal tatlı sular tarafından oluşturulan korrozyonlar ile mücadele etmek için kullanılırlar.

## 22. Elektrik yöntem

Bu tip korumada kontrol altına alınmış akımlardan yararlanır. Anot korunacak yapıya doğru akımı yönlendirme görevini görür. Bu akım herhangi bir doğru akım generatörü tarafından üretilir. Genellikle redresör veya bir elektrojen gurubu kullanılır Ayrıca akümülatör bataryası veya büyük kapasiteli elektrik pillerinden de yararlanılabilir. Generatörün pozitif kutbu anoda ve negatif kutbu korunacak yapıya bağlanır.

Ariot çeşitli malzemelerden yapılabilir. Örneğin; •toprağa gömülü kanalizasyonlar için anot malzemesi olarak demir hurdalarından yararlanılabilir. Bundan başka anodun toprak geçiş direncini iyileştirmek için, kok ile örtülmüş grafit anotlar da kullanılabilir.

Su içinde bulunan yapılar için % 14-16 Si ihtiva eden ferro-silisyum,<sup>1</sup> grafit, alüminyum, gümüşlü kurşun alaşımları, platinli titan... vb. anot malzemesi olarak kullanılabilir.

Bu malzemeler arasından seçim, etüt sırasında ortaya çıkan ekonomik koşullara ve kullanılabilme yeterliliklerine bağlıdır.

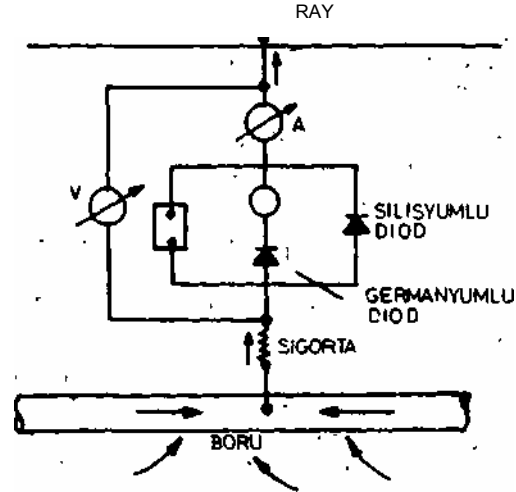
Ortamda dolaşan dış kökenli başıboş akımlar dolayısıyla koruma karmaşık bir hal alırsa —örneğin doğru akımla beslenen elektrikli demir yollarından ortama yayılan başıboş akımlar— bu akımların korumayı bozmamaları ve tesisat üzerine etki etmemeleri için bazı tedbirlerin alınması gerekir.

Uygun olarak düzenlenmiş diyotlar, koruma akımının ters yönünde devresini kapayan akımlara engel olabilirler. Bunu sağlamak için en çok selenyumlu ve silisyumlu diyotlar kullanılır.

Şekil 5 elektrikli bir tren hattının etki alanında kalan, toprağa gömülü bir kanalizasyonun katodik olarak korunması için yapılması gereken tesisatın şemasını vermektedir. -----

Bazı yapılarda —gemi omurgaları gibi— katodik aşırı yüklerden kaçınmak gerekir. Bunu gerçekleştirmek için belirli bir noktada yer alan bir referans elektrodu, yapının potansiyelini her an kontrol eder.

Yapı ve elektrod arasındaki potansiyel farkını ölçen cihaz, potansiyel farkının fonksiyonu olarak doğru akım generatörünün yükünü değiştiren bir regülatör ile (Amp. magnetik veya elektronik) beraber çalışır.



Şekil. 5

Bu gibi sistemler karmaşık ve masraflıdır. Birçok durumlarda daha kullanışlı ve emniyetli plan galvanik anotlar tercih edilir.

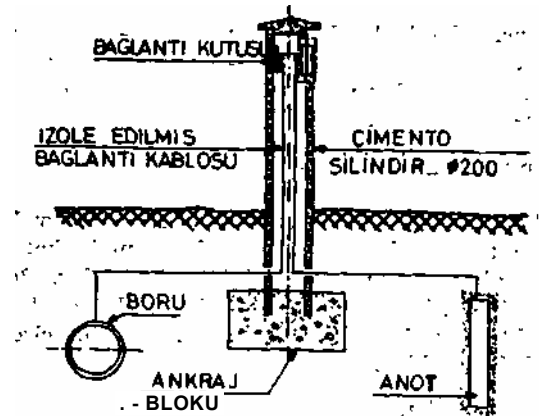
## 3. BİRKAÇ UYGULAMA

Katodik koruma uygulaması aşağıda belirtilen iki gruba ayrılır:

1. Toprağa gömülü yapıların korunması.
2. Su içindeki yapıların korunması.

### 3.1. Toprağa gömülü yapıların korunması

Bir toprağın tahrip yeteneği özgül direncinin fonksiyonudur. Tablo 5 özgül dirençlerinin fonksiyonu olarak, toprakların tahrip yeteneklerini vermektedir. - r . . " r



Şekil. 6

Gerçekte özgül dirençleri 100 fi.m<sup>2</sup>/m den büyük olan topraklar bazen çok tahrip edici ola-

bilirler. Fakat ortamın direncinden dolayı elektro-kimyasal akımlar küçüktür. Bundan dolayı korrozyon, yerel olarak çok önemli olmasına rağmen, genel olarak zayıftır.

Tatlı sular için de durum aynıdır. Bu sular saftır, şu halde dirençleri çok büyüktür ve genellikle çok tahrip edicidirler.

Katodik koruma ilk planda toprağa gömülü çelik kanalizasyonlara uygulanmıştır. Bütün gaz ve sıvıların iletim boruları çok kolaylıkla korunabilirler.

Yeni borularda, katodik koruma ile beraber cam yünü ile dayanıklılığı artırılan, direnci çok büyük bir katran örtüden yararlanır. Bu sayede koruma potansiyelini elde etmek için gerekli akım şiddeti ve koruma postalarının sayısı mümkün olduğu kadar azalmış olur.

Çıplak bir boru için, cidarda  $30 \text{ mA/m}^2$  den  $40 \text{ mA/m}^2$  ye kadar olan bir akım yoğunluğu düzeyine müsaade etmek gerekir. Eğer bu boru çok iyi bir örtü ile kaplanırsa bu düzey  $0,1 \text{ mA/m}^2$  de kalır. Bu gibi örtüler  $100.000 \text{ fi/m}^2$  Tik yakıtım direncine sahip olabilirler. Fakat örtü çatlakları ve gözenekler birkaç yıl sonra toprağın nemini emdiklerinden, bu direnç ortalama olarak  $5 \text{ ile } 8.000 \text{ n/m}^2$  düzeyine düşebilir. Kusursuz bir katodik koruma elde etmek için  $0,1 \text{ mA/m}^2$  lik bir akım yoğunluğu gerekiyorsa, örtüdeki minimum gerilim düşümü :

$$\frac{5000 \times 0,1}{1000} = 0,5 \text{ V olacaktır.}$$

Şu halde, akım yoğunluğunun gerçekten  $0,1 \text{ mA/m}^2$  obuası için, anot ve katod arasındaki potansiyel farkının  $0,5 \text{ V}$ 'un üzerinde olması gerekir.

Örnek olarak, bu koşula magnezyum anotlar uyabilirler. Magnezyum anot kullanılması halinde, anot ile boru hattı arasındaki potansiyel farkı:

$$-0,85 - (-1,5) = 0,65 \text{ V}$$

olur. Şu halde, koruma tipini saptayabilmek için tahrip edici bir ortamdaki lüzumlu katodik akım yoğunluğunu iyi bilmek gerekir. Bu büyüklük, incelenen toprağa gömülü benzer bir elektrodun, katodik polarizasyon eğrisini çizerek bulunabilir.

Katodik olarak korunabilen diğer toprağa gömülü yapılar arasında her çeşit depolan sayabiliriz.

Şekil 6 bir kanalizasyonun korunması için gerekli tesisatın bağlantı şemasını veriyor.

Ayaklan beton temellere yerleştirilmiş yapıların korrozyonu özel bir durum gösterir. Bu tip yapılar herhangi bir elektrik tesisatını taşıyacak veya çok iletken ise, toprağa olan akım kâ-larsa (yol aydınlatması, cer hatlan...) ve beton çaklan ayağın hızlı bir korrozyonuna neden olabilir.

Bu korrozyonlara, kritik alanı katodik olarak koruyan bir anotla engel olunabilir. Bu anot, akımların toprak prizini oluşturur. Eğer bir cer" hattı söz konusu ise, anot raya bağlanır. Bu elektriki bağlantı  $0,1 \text{ ile } 1 \text{ fi}$  arasındaki bir di renç üzerinden yapılabilir. Bu direncin kutup larındaki potansiyel farkı, cer hattının yalıtı mum kontrol etmeye olanak verir. Yalıtım anzası yüzünden akım şiddeti yükselmeleri bu potansiyel farkının önemli derecede artmasına neden olur.

### 3.2. Su içindeki yapıların korunması

Bu, katodik korumanın uygulandığı en geniş alandır. Çünkü bir elektrolitik ile az veya çok devamlı temas halinde olan çok geniş bir sapa-yı kaplar: Tatlı sular, acı sular, tuzlu sular. Topraklar için olduğu gibi, suların da tahrip yeteneği, esas olarak özgül dirençlerinin fonksi-yonudur. Tablo 6 da bu ilgi' gösterilmiştir. •

TABLO. 5

özgül Direnç (fmVm)	Tahrip kabiliyeti
<5	Çok şiddetli
5~25	Normal
25~50	Orta derecede
50~100	Az
>100	Çok az

TABLO. 6

özgül direnç (fmVm)	Korrozyon şiddeti
<4	Max. şiddette
4~9	Çok şiddetli
9~15	Şiddetli
15~35	Orta derecede
35~80 (*)	Normal
80~200 (*)	Zayıf
>200 (*)	Çok zayıf

(\*) özgül direnci çok büyük obuasına rağmen, özellikle sıcakta çok korrozif olan (CO<sub>3</sub>H<sub>2</sub>) ile asitlendirilmiş sular dışında kalanlar için.



Su noksanlığından, gerek içme suyu olarak ve gerek sanayide, son yıllarda içme sınırında olduğu kabul edilen depolanmış sular kullanılmaktadır. Bazı dağıtım sularının, hidrotimetrik ölçülerinin artışı bu durumu doğrular.

Ayrıca, suların karmaşık işlemlere tabi tutulması da (javalizasyon-klorofenol ...) bu suların elektrik iletkenliklerini arttırmıştır. Sonuç olarak denilebilir ki, hidrotimetrik ölçüsü 25 veya daha altında olan sular ile korrozyon çok zayıf, hidrotimetrik ölçüsü 45 ile 50 ye ulaşan sular ile korrozyon kuvvetli olmaktadır. Ayrıca sentetik temizleyici malzemenin kullanılışı da yine bazı korrozyon tiplerinin artmasına neden olmuştur.

Suyun iletkenliğinin artmasına neden olan bütün işlemler, özellikle bu su 45-50° nin üzerinde bir sıcaklığa ulaşmışsa, derhal bir korrozyon belirtisine yol açar.

Bu olay bizi, doğal suların yarattığı korrozyona, özgül direnç dışındaki etkenlerin etkisini bulmaya zorlar.

Bu etkenlerden birincisi sıcaklıktır.

Bir-suyun sıcaklığının yükselmesi iki sonucu doğurur: •

- Suyun asitleşmesi,
- iletkenliğinin artması.

Korrozyona özellikle iletkenliğin artması etki eder. iletkenliğin artmasına ise sıcaklığın yükselmesi neden olur. Şekil 7 sıcaklığın fonksiyonu olarak suyun dissosiasyon katsayısının değişimini gösteriyor. Bu katsayı 50 C° den itibaren çok hızlı-bir şekilde artmaktadır. Şekil 8 ise Beilis'e göre, içme suyu tarafından yaratılan çinko korrozyonunun hızını, sıcaklığın fonksiyonu, olarak vermektedir.

p°C'de 100 fi m<sup>2</sup>/m. lik özgül dirence sahip olan bir suyun, özgül direncinin değişimi aşağıda verilmiştir:

0°C	.....	100fiVm
18°C	.....	60 »
50°C	.....	40 »
100°C	.....	18 »

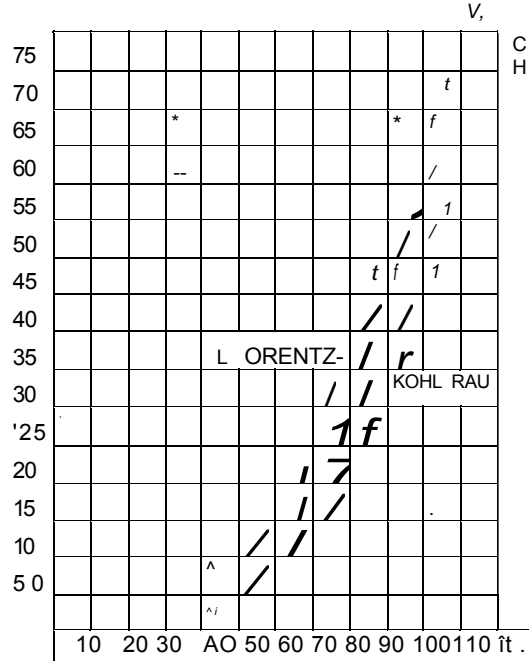
Şu halde galvanik çiftler, sıcakta soğuga- oranla daha etkili olmaktadır.

Korrozyonun artışına sebep olan ikinci etken akış hızıdır.

Bu hız iki role sahiptir. Birinci rolü, katodda olduğu kadar anotta da depolarizasyon olaylarını arttırması ve böylece metal yüzeyinde ko-

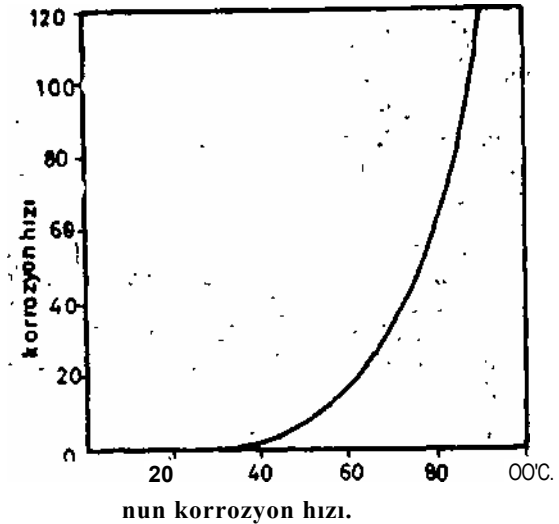
ruyucu bir film tabakasının oluşumuna engel olmasıdır. İkinci rolü ise, belirli bir değerin ötesinde, erozyon, veya kavitasyon ile malzemenin aşınması ve oyulmasına neden olmasıdır.

$$\text{iyonların miktarı} = J \times 10^{-}$$



Şekil. 7 Sıcaklığın fonksiyonu olarak suyun dissosiasyon kat sayısı. . . , . • •

Şekil. 8 Sıcaklığın fonksiyonu olarak çinko-



Şu halde katodik koruma, —muhtemelen sabit sıcaklıkta ve hareketsiz olarak— toprağa

gömülü yapılara göre daha karışık olan suya batmış yapılar için daha kullanışlı olacaktır. Katodik korumanın sulardaki ana uygulamaları aşağıda gösterilmiştir:

a. Deniz suyu ve acı su:

Gemi gövdeleri, her çeşit gemi zırhı, yüzer havuzlar, şamandıralar, dubalar pompalar, vb.

b. Tatlı su:

Rezervuarlar, sıcak su tankları, kondansörler, pompalar, sondaj makinaları. önemli olan, birçok halde yapıların evvelce koruyucu bir örtü ile kaplanmış olmasıdır. Gemi omurgalarının boyanması, sıcak su depolarının emayajı veya galvanizasyonu ... gibi.

Bu örtülerin, katodik koruma ile birlikte kullanılabilmesi ve en büyük etkinlikte olabilmesi için ciddi etütler gerekir.

Belli bir süre sonra örtü bozulacak ve artık yapı ortadan kalkacakmış gibi düşünülerek bir katodik koruma uygulanırsa, işleme başlanır başlanmaz örtünün bozulması hızlanacak ve böylece katodik korumanın maliyeti yükselecektir.

Eğer deniz suyu içindeki boyalı bir yapıyı korumak için, —1 volttan daha küçük bir potansiyel isteniyorsa durum yine yukarıdaki gibidir.

Belirli bir çelik yapının üzerindeki boyanın kalkmasına ve böylece çelik yapının çıplak kalmasına neden olacak elektro-ozmoz olayı da ek bir akım gerektirecektir. Şu halde örtünün yararı ortadan kalkmış olacaktır. Çeliği —0,80 Volta korumak için, akımı sınırlandırmak gerekir. Akımın katodik etkisi boya filminin gözeneklerini doldurur ve bu sayede onun yapışmasını ve etkinliğini artırır. Boya —katodik koruma ortaklığı ekonomik yönden diğer bütün sistemlerden üstündür.

Yalıtkan bir örtünün varlığı, ayrıca korumayı homojen bir hale getirmeye de yarar. Çünkü bu örtünün direnci akım şiddetini sınırlandıracak ve karmaşık bir yapı halinde, katodik korumanın yapı üzerinde düzgün bir dağılışı elde edilecektir.

Gerçekte elektrik devresi, anot ve korunacak yapı arasında aşağıda ilkesi belirtildiği gibi seri bağlanmış çok sayıda dirençlerden oluşur.

1. Anot ortamı kontak direnci:

Bu direnç, toprak prizlerinin klasik formülleri ile saptanabilir, örneğin dikey bir silindirik anot için:

$$R = \frac{\rho}{2L} \cdot \log'$$

$$\rho = \text{ortamın özgül direnci (fim}^2/\text{m)}$$

$$L = \text{Anot boyu (m)}$$

$$a = \text{Silindir yarı çapı (m)}$$

2. örtünün dielektrik direnci:

Katod ve anot üzerinde oluşan elektro-kimyasal tabakanın direnci yukarıdaki formüle eklenebilir. Fakat bu direnç değerine göre küçüktür.

Katod ve anot arasındaki potansiyel farkı sabit olarak kabul edilebilir. Eğer örtünün yalıtım direnci elektrolitin direncine oranla büyük ise, hiç olmazsa on metre dolayındaki yapı gurupları üzerinde akım dağılışı düzgün olacaktır. Kuşkusuz dirençli ortamdaki büyük boyutlu yapılar için, örtünün yalıtım direnci ne olursa olsun, anottan uzaklaştıkça ortam direncinin hızla artması, akım yoğunluğunu sınırlandıracaktır. Bu durum toprak altındaki su borulannın korunmasına tekabül eder. Anot mesafesi, on metre dolayındaki su kolonlarının dirençleri tarafından azaltılır.

Katod ve anot arasındaki potansiyel farkının artışı bir akım artışına yol açar. Bu akım artışı da, önceki durumda hiçbir değişik yapımaksızın elektrolitte daha yüksek bir gerilim düşümüne neden olur. Sadece çok yalıtkan olan bir örtünün varlığı, bir kaç metre kazandırabilir. Fakat o zaman, örtü — koruma anotu ortaklığı çok iyi etüt edilmiş olmalıdır.

Boylar için, yalıtım dirençleri  $10^6$  den  $10^{12}$  fi/cm<sup>2</sup> ye kadar değişir ve ortalama koruma akımı yoğunluğu aşağıdaki formül ile bulunabilir.

$$A_i = \frac{a + b \cdot \log' R_i}{e \cdot \rho_s R_i} \quad (10^{-6} \text{ A/cm}^2 \text{ olarak})$$

$$a = 78$$

$$b = 0,116$$

$$e = 2,718$$

$$R_i \text{ fi/cm}^2 \text{ olarak}$$

Korunacak yüzey incelenerek ve tasarlanan anot tipinin tahrip edici ortamdaki ortalama akım yoğunluğundan hareket ederek, toplam akım şiddeti ve anot sayısı saptanabilir.