

TESİSATTA KOROZYON

Ali BIDI
Uli HÖFFER

ÖZET

Bu çalışmada; tesisatta genel olarak korozyonun nedenleri araştırıldı. Farklı sebeplerle ortaya çıkan korozyonun çeşitleri üzerinde durulmuştur.

1. GİRİŞ

İnsanların ve hayvanların yapıları %60 - %70'e, bitkilerin ise %95'e varan oranda sudan oluşmaktadır. Su tüm canlıların hücrelerine gerekli yapıcı ve hayati ihtiyaç duyulan maddeleri taşır. İnsan günde yaklaşık 2,5 litre su kaybeder ve bunu gıda ve içecek yoluyla geri alması gerekmektedir. Dünyamızın % 71'i suyla kaplıdır ancak bunun sadece % 0,7'si içme suyu kullanımına uygundur, geri kalan kısmı tuzlu su okyanuslar ve denizlerdir. Yine büyük miktarda su buzdağları olarak kutuplarda ve buzullar olarak dağlardadır. Büyük miktarda su, çıkarılması ekonomik olarak mantıklı olmayacak seviyede, yer altındadır. Günümüzde içme suyumuzun %65'ini yer altı kaynaklarından, %11,5'ini yüzey sularından, %10'unu nehirlerden, göllerden, barajlardan, %8'ini kaynak sularından ve %5,5'ini de deniz suyundan tatlı su kazanımı ile elde etmekteyiz.

İçme ve kullanma suyu tesisat sistemlerinde kullanılan metal hammaddeli boru sistemlerini, antik ve ortaçağda kullanılan seramik esaslı malzemelerden sonra ikinci nesil olarak nitelenmek doğru olacaktır. İlk zamanlarda tercih edilen metal kurşun olmasına karşın, sağlığa zararlı etkileri tespit edilince yerini galvaniz borulara bırakmıştır. Son 10 – 20 yıldır da galvaniz boru aşırı korode olması sebebiyle azalan bir oranda kullanım imkanı bulurken, yerini bakır borular almaktadır. Ancak uzmanlar da biliyor ki bakır da korozyona açıktır. Plastik borular için pratikte korozyon problemi diye bir şey yoktur ve bu sebeple de kullanımı artan plastik borular, tesisat sistemlerinde üçüncü nesil olarak kabul edilmektedir.

2. METAL HAMMADDENİN GENEL DURUMU

Günümüzde kullanılan metal tesisatlarda fiyat ve verim veya ömür arasındaki ilişki ihtilaf yaşanmaktadır. Bilinen tüm teknik malzemeler sadece sınırlı bir ömre sahiptir. Optimum ömrü alabilmek için her malzeme için belirli temel taleplere uyulmalıdır. Evsel tesisatta kullanılan metal boruların durumunu şunlar etkilemektedir:

- İçinden geçen akışkan (su veya sıvı elektrolit)
- Hammadde ve üretim şekli
- İşletme ve montaj şartları

Günümüzde metal tesisatlarda ortaya çıkan sorunların büyük kısmına kendi kendimize çevrede oluşturduğumuz olumsuz değişiklikler ve alışkanlıklarımız neden olmaktadır. Geçmişe kıyasla su kalitesi hem artan talep hem de kirlilik dolayısıyla fazlasıyla düşmüştür. Ayrıca yaşam standardındaki

yükselme boru ağında farklı akış şartlarına da neden olmuştur (kural olarak yaklaşık 1930 yılına kadar her evde bir soğuk su ağızı, hatta bazen her katta bir tane vardı). Yine geçmişte sadece soğuk su dağıtımı varken, günümüzde sıcak su ve sirkülasyon da temel ihtiyaçtır. Kısmen sertliği alınmış özel su tesisatı da ayrıca döşenmektedir (çamaşır ve bulaşık makineleri için).

Artan işçilik ve hammadde maliyeti de zaman ve maliyet avantajı sağlayan “yuvarla – kes – kaynat” montaj şekillerine geçişi hızlandırmıştır.

Metal tesisat sistemlerinden beklenti; içme ve kullanma suyu ucuz ve sorunsuz olarak aktarılmalı ve dağıtılmalı ve tesisat ömrü mümkünse en az elli yıllık standardı sağlamalı şeklindedir. Ayrıca hammaddeye bağlı olarak su kirlenmemeli, etkilenmemeli, suyun tadı, kokusu ve görünüşü değişmemelidir.

Avrupa İçme Suyu Yönergesinin çıkış noktası, mantığı ve iddiası: “En önemli gıdamız içme suyunun musluktan akacağı son noktada mikrobiyolojik ve kimyasal olarak kullanımının ömür boyu insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde olması gerekmektedir.” şeklindedir. 2001 ilkbaharında yayımlanan ve 1 Ocak 2003’te uygulamaya geçecek olan yenilenmiş haliyle Almanya İçme Suyu Talimatnamesi bu iddiayı ulusal hakka dönüştürmektedir. Bu talimatnamede yeni olan konu; istenen su kalitesinin tesisat hammaddesinin özellikleriyle, suyun yapısıyla, montaj özellikleriyle ve işletme şartlarıyla bir bütün olarak sağlanmasıdır.

3. GENEL OLARAK KORUMA TABAKASI OLUŞUMU

İçme ve kullanma suyunda kullanılan bilinen metallerin ömrü ve korozyonu temel olarak koruma ve pasif tabakaların oluşumuna bağlıdır. Tüm teknik kullanılabilir hammaddeler, ancak akışkanın içindeki oksitten koruma tabakasının, akışkan ile hammaddenin reaksiyonunu ciddi bir şekilde bloke etmesiyle, kabul edilebilir bir ömrü sağlar. Homojen ve sıkı bağlanmış her katman başlangıçta bir korozyon aşamasıdır. Fakat yeterli tabakanın oluşmasıyla korozyon daha sonra pratik olarak yavaşlamaya başlar ve minimuma ulaşır. İçme ve kullanma suyunun yapısındaki farklılıklar, farklı koruma tabakalarının oluşumunu sağlarlar, bunlar da farklı koruma etkisi gösterir. Homojen olmayan tabakalar korkulan ve tehlikeli noktasal çürümelere yol açar. Koruma daha en baştaki şartlardan fazlasıyla etkilenmektedir. Depolamadaki hasarlar, montajda ve kullanıma almada daha sonra korozyon saldırısına uğrayacak daha ilk zayıflamalara yol açar. Koruma tabakası oluşumu akışkan ile malzemenin reaksiyonu olduğuna göre, tesisatın yüzeyindeki yağ, pas, kum, metal parçaları gibi yabancı maddeler normal koruma tabakasının kirli bölgelerde sıhhatli oluşumunu engeller. Dolayısıyla yabancı maddeler mümkün olduğu kadar tesisattan atılmalıdır.

Basınç testinden sonra tesisat yarı dolu bırakılmamalıdır. Test ile kullanıma alma arasındaki zamanda tesisat tam dolu tutulmalı ve haftalık periyotlarda su tazelenmeli veya tesisat tamamen boşaltılarak kurumaya bırakılmalıdır. Yabancı madde girişini daha sonra da engelleyebilmek için tesisatın giriş noktasına dar gözenekli bir filtre takılması da tavsiye edilir.

4. GENEL OLARAK KOROZYON

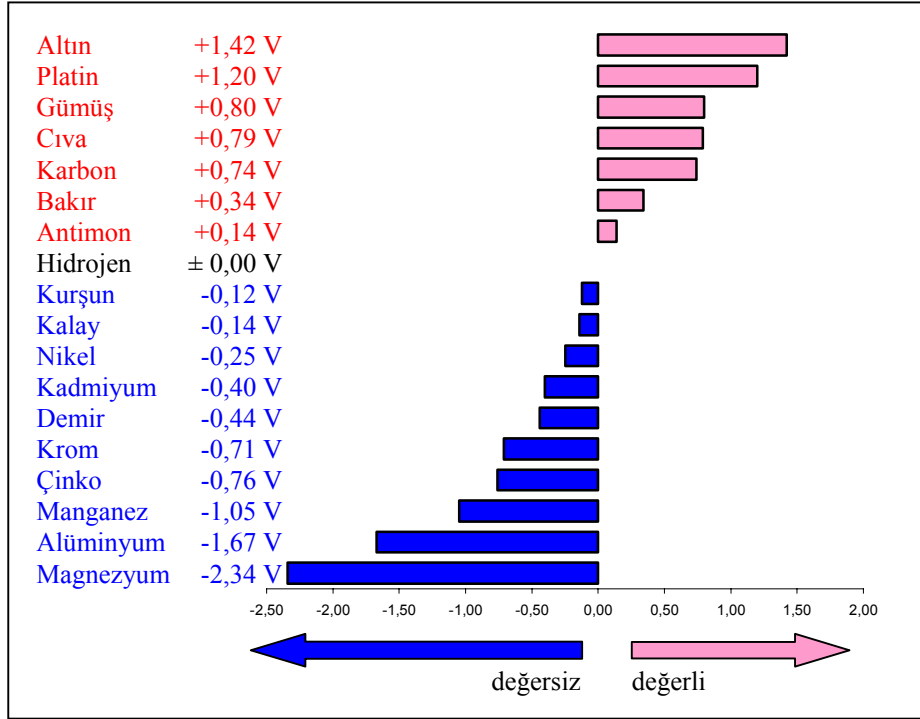
“Korozyon” DIN 50900’de şu şekilde tanımlanmaktadır:

“Hammaddenin ölçülebilir bir değişme göstermesine neden olan ve metal bir yapı parçasının veya bir bütün sistemin fonksiyonuna zarar veren, metal malzemenin çevresiyle reaksiyonudur...”

Yine aynı normda “Korozyon zararı” açıklanmaktadır ve basit olarak şöyle tanımlanabilir: “Korozyon nedeniyle metal bir yapı parçasının veya bir bütün sistemin fonksiyonuna verilen zarardır.”

Korozyon genel olarak şu şekilde oluşur:

- a. Su gibi reaksiyona giren maddelerin aşağıdaki maddelerle beraber saldırısıyla
- Oksijen (yağmur suyu, kullanım suyu, yapı nemi),
 - Asitler (karbondioksit, hidroklorik asit, asit sülfürik),
 - Eriyikler (kireçli su, sodalı su, alkalik sıvı),
 - Tuzlar (yemek tuzu, lehim yağı, amonyaklı, kalsiyumlu ve magnezyumklorürlü beton ve şap katkıları
 - Su buharı ve kükürt oksit ihtiva eden gazlar.



- b. Galvanik eleman oluşumuyla, yani iki farklı metal ve elektrik ileten bir sıvı (elektrolit) mevcut olduğunda. Farklı yüzey özelliklerine sahip bir metal ile bir elektrolit de galvanik eleman oluşturur. Örneğin bir yüzey kısmının oksidasyonu.

Galvanik elemanda metaller arasında farklı gerilim oluşur. Potansiyeli düşük metal elektrolit içinde çözünür ve zarar görür.

Çözünmeye meyil çözünme basıncıdır. Yüksek çözünme basıncına sahip metaller değersiz, düşük çözünme basıncına sahip metaller ise değerli olarak kabul edilirler. Elektrokimyasal gerilim sıralamasında metaller elektriksel potansiyellerine göre dizilirler. Buna göre;

Galvanik eleman etkisi, plastik veya emaye gibi metal olmayan kaplamalı kapların veya çelik boru hatlarının zarar gören kısımlarının katodik korunmasında kullanılır. Bu amaçla tesisatta kullanılabilecek maddelerden en düşük değerli olan magnezyumdan çubuklar, örneğin su ısıtıcılarında, yer tanklarında, uzun gaz hatlarında anot olarak kullanılır.

4.1. Borularda Dış Korozyon

Dış yüzeyle devamlı irtibatla olan oksijen nem ile bir araya gelince korozyonu başlatır. Korozyon aşağıdaki şekillerde başlar:

- pasifize yüzeyler pasifize olmayan yüzeylerin yanında ise. Çelik borular beton veya alçı içine gömülürse yüzeylere pasifize olur, yani yoğun bir oksit tabakası oluşur. Bu katot etkisi gösterir ve çeliğin çözülmesini engeller.
Duvara veya yere gömülü tesisat etrafında boşluk kalmayacak şekilde tamamen örtülmemişse, o taktirde pasifize olmazlar ve anot olurlar. Biraz nem olursa korozyon derhal başlar.
Katota kıyasla pasifize yüzey (anot) ne kadar küçükse korozyon o denli hızla ilerler ve malzeme de o denli hızla zarar görür.
- Klorür, amonyak, sülfat ve nitrat gibi agresiv madde içeren yapı malzemeleri. Bunlar şap ve beton katkısı, sıvada ve ağaç koruma boyalarında kullanılmaktadır.
- Kimyasal işletmelerde, endüstride ve ahırlarda hava agresiv maddeler.
- Isı izolasyonundan geçerek boru yüzeyine ulaşan nem. Mineral yünü, köpük gibi izolasyonların gözeneklerinde devamlı nem tutulabilmekte ve buradan ilerleyen nem de boruyu korode etmektedir.
- Galerilerde bulunan ve yeterince sıkı izole edilmemiş hatlarda nem olursa

Dış yüzey korozyonu, bu yüzeylerin tamamen korozyona dayanıklı madde ile kapatılması veya nem veya agresiv maddeler ile irtibatı tamamen kesilmesi halinde engellenebilmektedir.

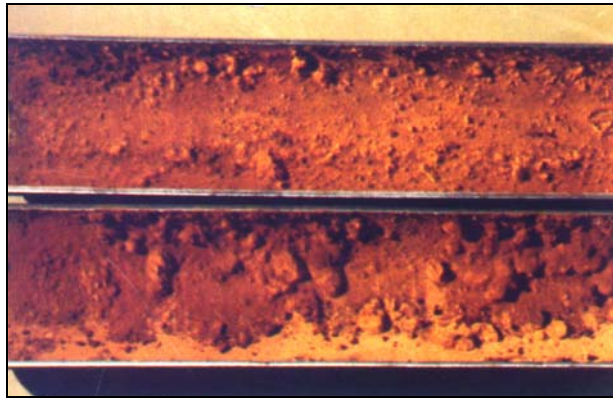
DIN 50930'da metal malzemenin suyla korozyon etkisi aşağıdaki hammaddeler için açıklanmaktadır:

- Alaşım ve düşük alaşım demir (DIN Bölüm 2)
- Alevle galvanizlenmiş demir (DIN Bölüm 3)
- Paslanmaz çelikler (DIN Bölüm 4)
- Bakır ve bakır alaşımları (DIN Bölüm 5)

4.2. Alaşım ve Düşük Alaşım Demirlerin Korozyonu

Bu malzemenin korozyon durumu DIN 50930 bölüm 2'de açıklanmaktadır.

Boru veya kap olarak alaşım ve düşük alaşım demirlerin, bunlarda koruma tabakası oluşumunun olmaması ve ağırlıkla çökme ve nadiren delik korozyonu meydana gelebileceği (Şekil 1) için evsel tesisatta kullanımı uygun değildir. Bu malzemenin kullanımı için, koruma tabakası oluşturabilecek su, yeterli akış hızı ve pratik olarak suyun durağan olmaması gerekmektedir. Kalıp, armatür ve pompa gibi döküm malzemeler döküm kabuğunun oldukça korozyona mukavim olması ve kalın olmaları sebebiyle korozyona dayanım göstermektedirler. Ancak bu tür yapı malzemeleri nedeniyle zamanla korozyon atıkları pas olarak içme ve kullanma suyuna karışabilmektedir.



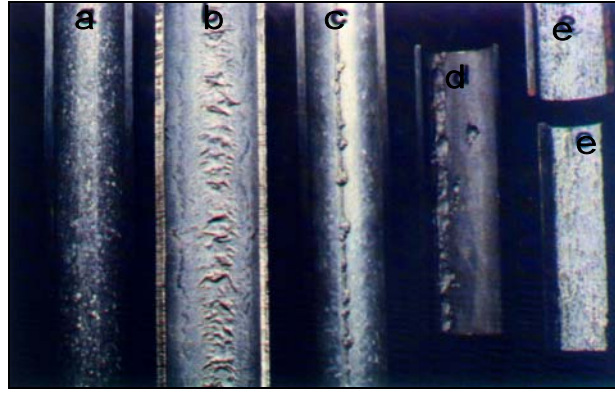
Şekil 1. Yeterli akış hızına sahip olamayan soğuk içme suyunun geçtiği St 35 çelik tesisatta meydana gelen çökme korozyonu. Üstte üst kesit, altta da daha fazla çökme görülen alt kesit

Bahsedilen hammadde gurubuna ait malzemelerde su ile temas halinde katodik koruma veya koruma kaplaması sayesinde tedbir alınmalıdır. Örneğin emaye kaplamalar oldukça iyi bir dayanım göstermektedir. Sıcak su boyleri gibi malzemelerin korozyon korumasıyla ilgili bilgiler DIN 4753'te bulunmaktadır.

4.3. Galvanizli Demirin Korozyonu

DN80 çapa kadar sadece DIN 2444'e uygun galvanizlenmiş DIN 2440 ve DIN 2441'e uygun çelik borular kullanılabilir. Şekil 2'de farklı galvaniz kalitesindeki borular gösterilmektedir. Dikiş yönünde kesiti alınmış kötü bir galvaniz kaplamaya sahip boru kesiti de Şekil 3'te görülmektedir. DN80 çapın üstü ve bağlantı parçaları için DIN 50976 uygulanmaktadır. Boru bağlantıları için DIN 2999 Bölüm 1'e uygun dişli parçalar ve DIN 2950'ye uygun temper döküm fittingler pratikte kullanılmaktadır. Bu normda galvaniz kaplamanın kalite seviyesi de açıklanmıştır. Bu amaçla kullanılan dişli izole malzemeleri de DIN 30666'da verilmiştir. Galvanizli boruların sert lehim kaynağı, ısı giriş zonunda yüksek korozyon riski getirmektedir.

Galvanizli borular DIN 50930 Bölüm 3'ün temel talepleri yerine getirildiği takdirde istenen ömrü verebilmektedir. Detaylar bu normdan alınabilir.



Şekil 2. Farklı kalitede galvanizli boru kesitleri

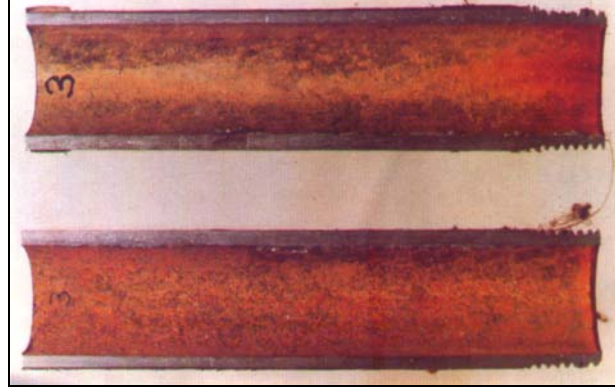
- Dikişi dahi görülemeyen sorunsuz galvanizli çelik boru
- Galvaniz kaplamasında kalınlaşmalar – gerçi DIN2444'e uygun değil ancak korozyon kimyası açısından dezavantajlı değil
- Kaynağı yeterince uygun yapılmamış boru – dikiş haricinde galvaniz kaplama iyi
- Korozyonu başlamış kullanılan, dikişli, galvanizli boru. Özellikle dikişe yakın korozyon görülmektedir.
- Havayla püskürtülerek atılan galvaniz. Bu galvaniz kaplamalar galvanizin eriyerek akmasına yol açabilmektedir.

Galvanizleme tabakasının etkisini anlayabilmek için, temel malzeme demir ile üst saf çinko tabakanın arasında farklı yapıdaki demir-çinko-alaşım fazlarının olduğunu bilmek gerekir. Yüzeydeki saf çinko bu alaşım fazlarını kapatmaktadır. Mat gri, çoğu zaman da bakla kırık renk bu alaşım fazının üst yüzeye çıktığını göstermektedir. Bu renge sahip borularda korozif etki daha çabuk görülmektedir. Yine mat gri galvaniz kaplamalar eğme, çarpma ve mekanik gerilmelere daha az dayanıklıdır ve kolaylıkla kalkabilmektedir.

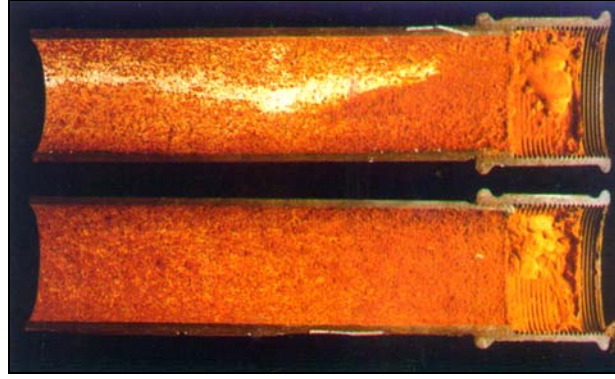


Şekil 3. Dikişli galvaniz borunun 200:1 büyütülmüş dikiş kesiti. Boru içi kısmındaki dikiş ucunda galvaniz kaplamanın olmadığı açıkça görülmektedir.

Galvaniz yüzeylere başlarda açık renkli çinkolu koruma tabakası oluşur (bakınız Şekil 4) ve devamlı olarak da suya çinko karışır. Zamanla da bu galvaniz tabaka akışkanla girdiği reaksiyon sonucu tamamen ayrışır ve çözülmüş olarak suyla beraber tamamı taşınır. Uzun dönemde de tesisatta kireç-pas tabakası oluşumu gözlemlenir (bakınız Şekil 5).



Şekil 4. Yeni sayılabilecek ve yüksek çinko miktarlı kaplama tabakasına sahip kurallara uygun galvanizli soğuk su borusu kesiti

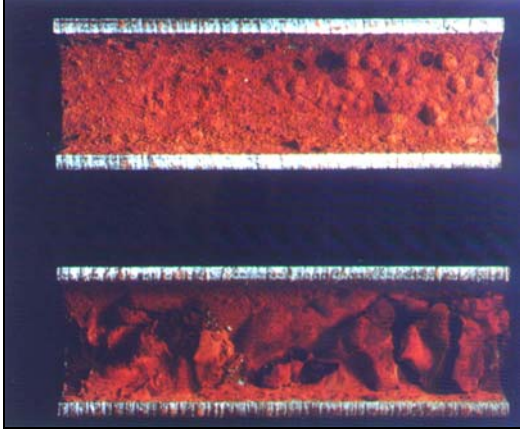


Şekil 5. Uzun dönem kullanılmış galvanizli boruda kireç-pas tabakası. Galvanizsiz fittinglerde çökme korozyonu da görülmektedir.

Galvaniz borular için şu temel kurallar geçerlidir:

- **Fazla karbondioksitli sularda kullanımı uygun değildir.** ($K_{B8.2} > 0,5 \text{ mol/m}^3$ veya $\text{pH} < 7,3$ ve $K_{S4.3} < 2,0 \text{ mol/m}^3$ ve $> 5,0 \text{ mol/m}^3$)
- **Bakır ve bakır alaşımli malzemelerden sonra kullanımı uygun değildir.** Bakır ve bakır alaşımli tesisat veya kaplar sadece akış yönünde galvanizli borulardan sonra kullanılmalıdır. Tersi durumda suda çözülmüş bakır nedeniyle galvanizli borularda yüksek korozyon tehlikesi vardır. Sistemde bakır alaşımli armatürler mümkün olan en az sayıda kullanılmalıdır. Bakır veya bakır alaşımli tesisattan galvaniz tesisata geçiş söz konusu olduğunda temas korozyonu riski ortaya çıkacaktır.
- **>60°C'nin üstünde kullanımı uygun değildir.** Sıcak kullanma suyundaki yüksek korozyon riskini azaltmak ve galvaniz kaplamadaki kabarmaları önlemek için galvaniz kaplama yüzeyindeki sıcaklık en fazla 60°C olmalıdır (bakınız Şekil 6 ve 7). Yükselen sıcaklıkla beraber artan delik korozyonu ihtimali "Potansiyel dönüşüm" olarak da bilinen efektle bağlantılıdır. Artan sıcaklıkla galvanizin potansiyeli artar ve demirinkini de geçer. Galvanizleme mantığı tersine döner. Şekil 8 bu örneği göstermektedir. Kullanma suyu sıcaklığı 60°C'de tutulmalı ve sıcak tesisat yanından geçen soğuk su hattı iyi izole edilmelidir.

Günümüz tekniğine göre galvaniz boru sistemi sıcak su tesisatında artık kullanılamaz. Zira lejyoner hastalığına yol açan lejyoner mikrobu öldürülebilmesi için termik dezenfeksiyon amacıyla tesisatta $\geq 60^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa ihtiyaç vardır.



Şekil 6. Sıcak kullanma suyu tesisatındaki yüksek sıcaklık nedeniyle kabaran galvaniz tabaka ve alt kesitte yüksek çökme korozyonu.



Şekil 7. 105°C kazan suyuyla ısıtılan çift katlı sıcak su boilerindeki cidarlarında çökme korozyonu da görülen kabaran galvaniz tabaka

Koruma tabakası oluşturan sularda (bakınız DIN 50930), uygun işletme şartlarında ve kurallara uygun montajda, DIN normuna uygun galvanizli borular 50 yıllık ömrü sağlar. Çoğu zaman delik ve çökme korozyonu buna neden olmak üzere, yukarıda sayılı ideal şartlardan sapmalar olması halinde ömür kısalmaktadır.

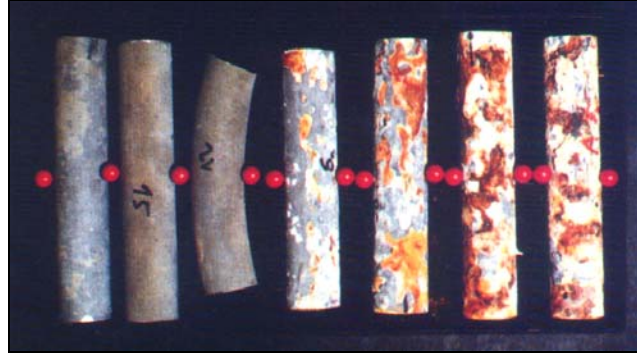
Galvanizli borularda meydana gelen selektif korozyon örneği bilinen galvaniz çözülmesidir. DIN normuna uygun olmayan püskürtme galvanizli borularda ortaya çıkan bu durum demir-çinko-alaşım fazı saldırısı sonucu kısmen metal çinko ihtiva eden partikül ayrışmasıdır.

Orthofosfat ve Polifosfat veya Silikat gibi miktara bağlı katkıların dozajlanması korozyon, pas oluşumu ve çinko çözülmesine karşı kendilerini ispat etmişlerdir. Bu katkıları bölgesel şartlara göre uygulanmalıdır. Önemli olan, kahverengi su oluşumu gibi, korozyonun ilk göstergelerinde tedbirin sağlanmasıdır.

Dış korozyon, galvaniz malzemelerde ortam neminden ve malzemeyi çevreleyen yapının sünger gibi nemi uzun süreli tutmasından kaynaklanmaktadır. Yine nem etkisi farklı kaplamalar, alçı ile temas veya alçılı yapı malzemesi, Magnezyumklorür katkıları yapı malzemesi ile yapılan kaplamalarda kendini gösterir. Dış korozyon suyun veya nemin tesisatta uzak tutulması ile sağlanabilir. Eğer bu mümkün değilse malzeme korozyona karşı izole edilmelidir. Buna ilişkin bilgiler de DIN 55928 normundan bulunmaktadır.

4.4. Paslanmaz çeliğin korozyonu

En az % 16 krom katkılı çelikler Paslanmaz çeliklere sayılmaktadır. Kullanımı en uygun çelikler ayrıca % 9 oranında nikel konsantrasyonu ihtiva eder. Molybden alaşımı ile paslanmaz çelikler delik korozyonuna daha dayanıklı olur. Paslanmaz çelikler evsel tesisatta diğer malzemelerin kullanılmadığı boyler, ısıtma çubuğu gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Günümüzde içme suyu tesisatında da yine paslanmaz çelik borular da kullanılmaktadır. Paslanmaz çeliğin korozyonuyla ilgili bilgiler DIN 50930 Bölüm 4'te açıklanmıştır.



Şekil 8. Boylerden alınmış boru kesitleri. Sağda 110°C sıcaklık girişindeki borular, solda da 40°C çıkıştaki borular. Soldan sağa doğru akışkan ve dış yüzey sıcaklığı artışına paralel olarak artan korozyon görülmektedir.

Paslanmaz çelik malzemeler, ancak metaloksitten oluşan ve tutunan ama gözle görülemeyen pasif koruma tabakası olduğu takdirde dayanıklılık göstermektedir. Bu pasif koruma tabakası, cidarda kabuk bağlama, yüksek klorürlü su, montaj hataları ve klorür mevcutken oksidasyon maddeleri kullanıldığında (örneğin dezenfektasyon çalışmalarında), zarar görür ve delik korozyonu oluşur. Yine su taşı oluşumu görüldüğünde ve sudaki klorür yüksekliği de paslanmaz çelik tesisatta delik ve yarık korozyonuna yol açmaktadır (bakınız Şekil 9).



Şekil 9. Sıcak su boilerindeki gerilme yırtığı korozyonuna uğramış 100:1 oranında büyütülmüş bir paslanmaz çelik boru kesiti (malzeme 1.4541). Kullanma suyunun temas ettiği yüzeyden başlayan bir ana yırtık ve altta da delik korozyonu görülmektedir.



Şekil 10. Sıcak kullanım suyundaki boylerin paslanmaz çelik (1.4541) plakaları. Yırtıkların yanında kaynak noktalarındaki korozyon tehlikesi rahatlıkla görülmektedir.

Paslanmaz çeliklerdeki bir çok korozyonun temel sebebi özellikle yanlış kaynağa bağlı montaj hatalarıdır. Delik korozyonunu sağlayacak şartlar mevcut ise gerilmeler yırtılmalara neden olabilmektedir (bakınız Şekil 10).

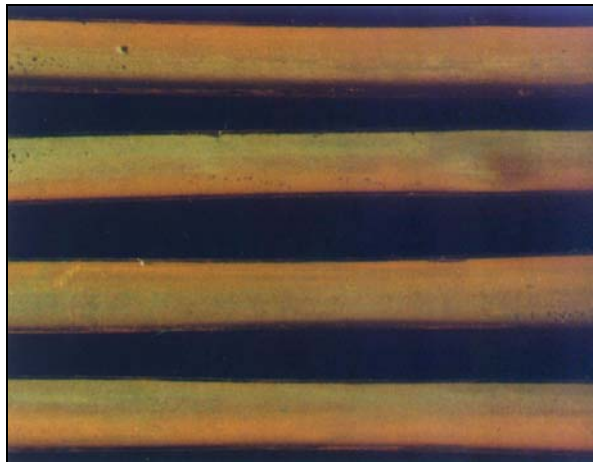
Yine sert lehim yapılan bağlantılar da korozyon tehlikesi taşır.

Paslanmaz çeliklerin kullanımında karar kriteri kesinlikle işletme ve su şartlarıdır. Uygun çelik seçimi korozyon tehlikesine karşı alınabilecek en iyi tedbirdir. Diğer malzemelerle karışık olarak yapılan tesisat uygulamalarında paslanmaz çeliklerde pratikte herhangi bir sorun çıkarmaz. Ama değersiz metal kısmında temas korozyonu oluşabilir. Paslanmaz çeliklerdeki delik ve yırtık korozyonu katkı dozajlamasıyla doğrudan engellenememektedir.

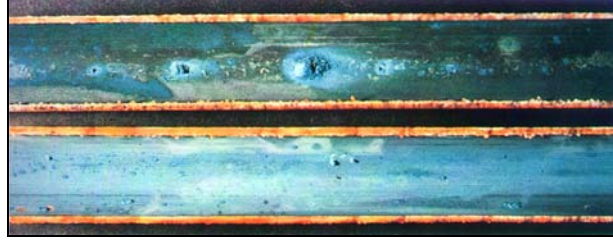
Dış yüzey korozyonu için de suyla temas yüzeyindeki şartlar geçerlidir. Oluşması için nem yeterlidir. Az klorür katkılı izolasyon malzemesi kullanımı ile, suyun buharlaşması sonucu yüzeyde tutunan/kalan klorür delik korozyonuna neden olabilir.

4.5. Bakır ve bakır alaşımlarının korozyonu

Galvaniz boruda sıkça yaşanan korozyon hasarları bakır boru kullanımını arttırmıştır. Yine kolay ve hızlı montaj bu trendi desteklemekteydi. Ancak değerli olarak sınıflandırılabilen bu malzemede de yakın tarihte sıkça görüldüğü üzere korozyon hasarları ortaya çıkmaktadır.



Şekil 11. Koruma tabakalı bakır soğuk su borusu.



Şekil 12. Bakır soğuk su borusunda tipik delik ve çökme korozyonu tip1.



Şekil 13. Bakır soğuk su borusunda çökme korozyonu tip 1 üzerindeki kabarcık

İçme suyu tesisatında kullanılan boru malzemesi sadece DIN 1787'ye uygun SF-Bakır olmalıdır. Yine borular DVGW çalışma sayfası GW 392 talimatnamelerine de uygun olmalıdır. Pratikte F 22 tipi kangal ve F 37 tipi boy borular kullanılmaktadır.

Pirinç, döküm, bronz gibi bakır alaşımları armatür ve fitting olarak tesisatta kullanılmaktadır. Kısmen de Bakır-nikel alaşımı boylerlerde kullanılmaktadır. Bakır borunun birleşmesinde kullanılan lehim gibi yardımcı malzemelere ilişkin müsaadeler DVGW çalışma sayfası GW 2'den alınabilir.

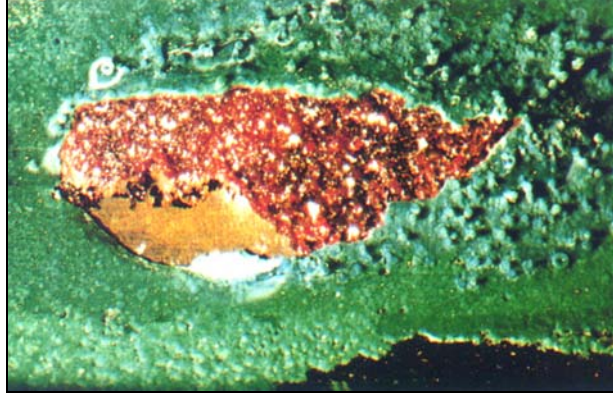
DIN 50930 Bölüm 5'te bakır malzemenin korozyon durumu açıklanmaktadır.

- Baştaki işletme şartları belirleyici olmak üzere, içme suyunda kullanılan bakır borular ancak içinde bakır oksit bir tabakanın oluşması halinde dayanıklıdır. Suyun yapısına ve işletme şartlarına bağlı olarak bu oksit tabakası üzerinde çoğunlukla yeşil renkte bakır taşı (malakit) formunda farklı yapıda üst tabakalar oluşur. Bakır borudan, sadece normal şartlar geçerli ise insan sağlığı için tehlikeli olmayan, bir miktar bakır suya karışmaktadır. $K_{B8,2} > 1,0 \text{ mol/m}^3$ veya $\text{pH} < 7,0$ ve $K_{S4,3} > 5,0 \text{ mol/m}^3$ şartları su için geçerliyse bakır boru tesisatı gıda zehirleyici olabilmektedir.

Bakır borularda günümüzde delinmeye yol açan iki tip korozyon yapısı görülmektedir.

Delinme Tip 1

Pratik olarak soğuk su hattında ortaya çıkar. Saldırılan kısımlardaki yeşil renkli bazik bakır karbonatlarının güçlü oluşumu ile nitelendirilir (bakınız Şekil 12 ve 13). Bu korozyon noktası çoğunlukla esas malzemenin yüzeyini kapatan bakıroksit katmanı ile örtülüdür ama altındaki saldırı noktasında değişen miktar şartlarında bakıroksit ve bakırklorür bulunur (bakınız Şekil 14). Delinme tip 1 bugünkü bilgiler dahilinde bakır borularda en sık rastlanan korozyondur.



Şekil 14. Şekil 13'de gösterilen bakır borudaki kabarma kaldırıldığında esas malzeme bakırdaki çökme korozyonunu örten alttaki yakut rengi bakır I-oksit (Cuprit, Cu₂O) kristalleri görünmektedir.

Delinme Tip 2

Pratik olarak sıcak su hattında ortaya çıkar. Boru iç ve dış yüzeyinde aldatıcı zararsız görünüşüyle ifade edilir. Dış yüzeyde makroskopik ince iğne deliği şeklinde görünür. İç yüzeyde cidarlar sağlam gibi görünen ancak gevşek kaplamalarla kaplıdır. Çoğunlukla açık kahverengi görünen bu kaplamanın altında, az miktarda yeşil renkli bakır korozyonu ürünü de olan ama çok fazla miktarda delinme noktası gözlemlenir (bakınız Şekil 15). Bu delinme saldırısının olduğu noktalar derinde bakiroksit ile doludur. Delinme tip 2 delinme tip 1'e göre daha nadir olmakla beraber, yumuşak su ve sıcak su geçen bakır borularda görünür. Bugüne kadar sadece 40°C'nin altındaki sıcaklıklarda görünen delik korozyonu tip 1 su yapısına ve boru yüzeyi kalitesine bağlıdır. Bu tip korozyon, yüzey sularına kıyasla yer altı suyu geçen hatlarda daha fazla görünmektedir ve bu da yüzey sularında bulunan ve günümüzde yeterli detaylı incelenememiş organik maddelere dayandırılmaktadır. Yine DIN 50930 Bölüm 5'te açıklanan suyun muhteviyatında bulunan diğer maddeler de korozyona yol açmaktadır. Üretim ve montaj şartlarından etkilenmiş yüzey kirliliği de korozyona yol açan bir etkidir. Bunlar sert bakır boruların üretimindeki çekme yağı artıkları ve yumuşak bakır borulardaki karbon filmlerdir. Montajında kullanılan lehim artıkları, metal parçacıkları ve diğer tür yabancı malzemeler bu korozyon tipine yol açar ve bu sebeple bakır boru tesisatının mutlak suretle tamamen yıkanarak temizlenmesi gereklidir. Yine, sistemin suyla yarı dolu bırakılması sonucu hava/su faz sınırı, uzun süreli durağan su gibi uygunsuz işletme şartları bakır borunun daha en başta korozyonunu başlatabilmektedir. Normal işletme şartlarında tesisatın içinde yabancı madde dolaşımını engellemek için tesisat girişine 50 – 100 µm aralıklı ince filtre takılması pratikte temel şarttır (DIN 19632, DIN 50930 Bölüm 1 – 5).

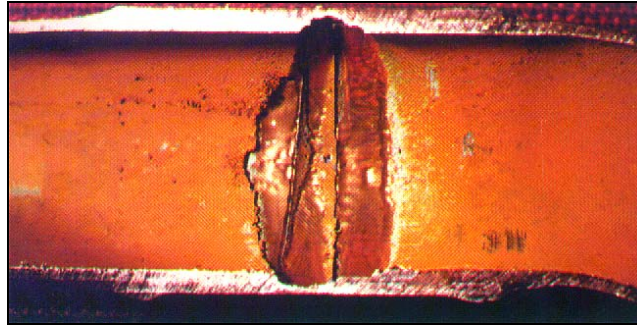
Delinme tip 1, bugüne kadarki bilgiler dahilinde, fosfat ve silikatlar ile suyun şartlandırılmasıyla dahi engellenememektedir. Ancak bazı çalışmalar ve tecrübeler kimyasal dozajlamayla kısmi başarı alınabildiğini raporlamaktadır. Şubat 1983'te yayımlanan DVGW çalışma sayfası GW 392'ye göre sınır değerleri aşağı indirilmiş karbon ve çekme yağlı yeni nesil bakır boru kullanımı, temiz ve kurallara uygun montajı yapılmış, tam yıkanmış ve malzemeye uygun işletmeye alınmış bir hatta bu tip korozyon tehlikesi bir miktar azaltılabilir.



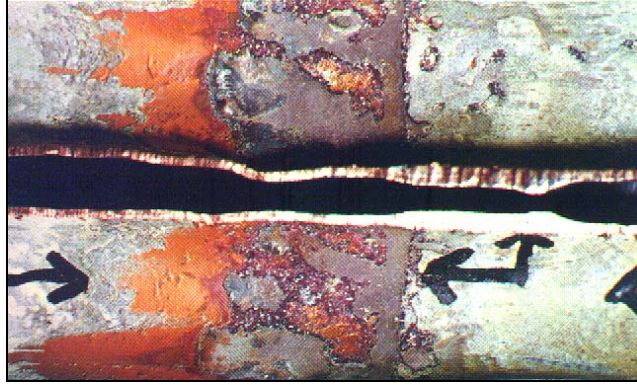
Şekil 15. Bakır sıcak su borusundaki tipik delik korozyonu tip 2

Çoğu zaman sadece sıcak su hattında ortaya çıkan delik korozyonu tip 2 öncelikle yumuşak, acı yani yüksek karbondioksit ihtiva eden sularda görülür. Alkalik fosfat ve silikat dozajlamasıyla bu korozyon tipini engellemek mümkündür. Sıcak su ısı 60°C ile sınırlandırılmalıdır. İşletmeye almak için yine soğuk suda alınan tedbirler şarttır.

Bakır malzemede yine sık görünen bir korozyon tipi de erozyon korozyonudur. Erozyon korozyonun tipik ortaya çıkışı, kısmi çıplak bakır yüzeylerdedir, zira buralarda yüksek akış hızına bağlı olarak oksit koruma tabakası suyla alınır, kaldırılır ve çıplak bakır yüzey koruma tabakasız kalır (bakınız Şekil 16 ve 17). Erozyon korozyonu çok yüksek akış hızına bağlı ortaya çıkar ve akış hızının azaltılmasıyla engellenebilir. Burada sadece teorik veya hesaplanan çap hızını değil hattın en dar örneğin dönüş, daralma ve bağlantı parçalarını da hesaba katmak gerekir. Lokal düzeyde akış hızı sınırının aşılmasına neden olan hızlara ulaşılarak erozyon korozyonunu başlatabileceği için tesisatta lehim topları, bükme anında büzüşmeler ve keskin kenarlar bertaraf edilmelidir. Sirkülasyon hattının doğru döşenmesi gereklidir, pompa ve vanaların izinsiz karıştırılması engellenmelidir.



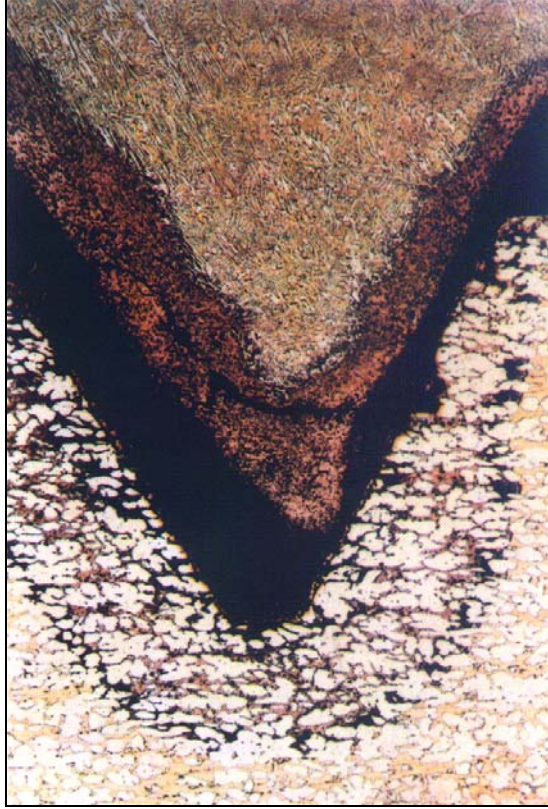
Şekil 16. Bakır sıcak su sirkülasyon borusundaki sert lehim noktasında erozyon korozyonu. Pompadan sonraki vana kontrolsüz tam açık pozisyonda olduğu için çok yüksek akış hızına ulaşılmıştır.



Şekil 17. Bakır sıcak su sirkülasyon borusundaki düzensiz sert lehim bağlantısı erozyon korozyonu başlatmıştır. Yüksek kaynak ısı ve fazla lehim esas malzeme bakırın güçlü oksidasyonuna ve yüzeyin bozulmasına neden olmuştur. Bu da bu noktada su çevresi oluşturmuş ve erozyon korozyonunun zeminini hazırlamıştır.

Pirinçte çinko çözülmesi de meydana gelebilir. Yüzeydeki çinko azalması ve bakır artması ile ifade edilir. Korozyon artıklarının alınması ile pirinç sarı değil bakırın artması nedeniyle bakır kırmızı görünmektedir.

Alman Bakır Enstitüsünün 1973 ve 1978'te yaptığı araştırmalarda çinko ayrışması korozyon formunun Almanya için çok önemli bir rol oynamadığı ortaya çıkmış olsa da, Bakır-çinko-alaşımının bazı özellikteki sularda çinko ayrışmasına meyilli olduğu görülmüştür. Bu korozyon formu sıcak, yumuşak, klorürlü pH > 8,3 sularda ortaya çıkar. Bazı çinko ayrışmaları düşük tuz oranına sahip sert sulardan dolayı sıcak su tesisatındaki vanalarda görülmüştür. Bu hasarlar suyun uzun süreli vanalarda durağan kalması sonucu buharlaşma neticesinde tuz konsantrasyonunun artmasıyla kendini gösterir.



Şekil18. Pirinç soğuk su armatürü dişlisi kesitinde çinko çözülmesi.

Rotguss ve bronz pratikte çinko ayrışmasına dayanıklıdır. Çinko ayrışmasına karşı yapılacak kimyasal şartlandırma hiçbir olumlu etki göstermez. Bakır zengin (%65'ten fazla bakır katkılı) pirinç türlerinin kullanılması önerilmelidir.

Bakır boruların dış yüzey korozyonu buralarda nemin daim olmasıyla meydana gelir. Son zamanlarda bakır borularda da gerilme yırtık korozyonları da rapor edilmektedir. Gerilme yırtık korozyonuna amonyum bağlantıları veya amonyak ve nitrit içerikli elektrolitler neden olmuştur. Her iki kimyasal da bakır boruya yapılan dış izolasyonlarda mevcuttu. Bu sebeple de gerilme yırtık korozyonu dış yüzeyden başlamıştır. Bunu önlemek için amonyum bağlantıları veya amonyak ve nitrit içerikli elektrolitlerden oluşan izolasyon malzemesi kullanılmamalıdır.

5. İŞLETME ŞARTLARI

İçme suyu tesisat sistemi için ideal işletme şartları:

- Akış sıklığı sık
- Akış süresi uzun
- Akış hızı yüksek
- Sıcaklık <60°C

Su da diğer gıda maddeleri gibi uzun süreli bekletilirse besleyici (gıda) özelliğini kaybedecektir. Bu sebeple tesisattaki su sık sık yenilenebilmelidir. Uzun süre tesisatta durağan kalmamalıdır. Oksijen yetersizliğinden koruma tabakası oluşumu kesilir ve korozyon sıcaklık artışına bağlı da hızlanır. Yosunlaşma, bakteri üreme ve lejyoner mikrobu gelişimi riski sebebiyle su hijyenik açıdan uygunsuz hale gelir. Yine suya aşırı metal iyonu geçişi içme suyu talimatnamelerinin istediği değerleri aşmasına neden olur.

Soğuk su tesisatı yapıda gereksiz yere ısınmasını engelleyecek şekilde döşenmelidir, örneğin kazan dairesi gibi ortamlardan geçirilmemeye çalışılmalıdır, oralarda kollektör yapılmamalıdır. Gerek soğuk gerekse sıcak su tesisatı ısı geçişini engelleyecek düzende izole edilmeli, iki tesisat birden aynı izolasyona sarılmamalıdır. Korozyon oluşumunu yavaşlatmak ve olası kireçlenmenin önüne geçebilmek için sıcak su tesisatındaki su sıcaklığı mümkün olduğu kadar düşük tutulmalıdır. Ancak lejyoner mikrobunu yok etmek için en az 60°C'ye ihtiyaç vardır (bakınız DVGW çalışma sayfası W551).

Suyun sık sık tazelenmesi için düşük çaplarda kısa hatlar planlanmalı. Bu sayede akış hızı yüksek olacaktır. Ancak DIN 1988 normuna uygun çaplara dikkat edilmeli ve sınırlar aşılmamalıdır. Özellikle bakır boru sisteminde erozyon korozyonu ihtimali sebebiyle akış hızına çok dikkat edilmelidir ($\leq 0,5\text{m/s}$).

6. MONTAJ ŞARTLARI

Nakliyede, depolamada, montajda veya işletmede kum, şap artıkları, dişli talaşları, kendir, teflon, lehim parçaları, kaynak çapakları gibi madde kirlenmesine engel olunmalıdır. Bu tür yabancı maddeler oksijenin cidarlara ulaşmasını ve dolayısıyla da koruma tabakası oluşumunu engellerler ve buralarda delik korozyonunu başlatırlar. Bu noktalarda yapı farklılaşır: anota dönüşür, geri kalan büyük kısım ise katota. Bu küçük anot noktasında büyük miktarlarda metal iyonları çözülür. Delinmeye kadar gidecek madde çözülmesi başlar. Tesisat fazla büyük çaplandırılmış ve akış hızı da yavaş ise bu hasarlar çoğunlukla yatay hatlarda (saat 6 yönünde) tesisatın alt noktasında oluşur.

Akış hızı yüksek ise bazı noktalarda materyal çözülmesi (erozyon) başlayabilir. Bakır boru sisteminde lehim topaklarında, dikişli borularda dikişlerde.

Dar aralıklarda oksijen yetersizliğinden dolayı farklı anotik madde yüzeyleri oluşacaktır. Örneğin fazla kendir veya teflon sarılması halinde gereksiz yere açılan diş aralığı buna örnektir.

Paslanmaz çelik borular dahil tüm metal borular için en tehlikelisi üç faz sınırındaki korozyondur:

- Basınç testinden sonra tesisat tamamen boşaltılmazsa ve su artıkları tesisatta uzun süre kalırsa
- Yanlış montaj neticesinde sistemde hava baloncukları kalırsa
- Kapatılamayan ya da kapatılabilse dahi boşaltılamayan tesisatlar, örneğin çatı katları, misafir yatak odaları gibi.

Tesisat döşenirken şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Sadece standartlara ve normlara uygun en son teknolojik ürünler kullanılmalıdır (borular, fittingler, izolasyon malzemeleri v.b.). Avrupa ve özellikle Almanya'da proje bürolarının, yatırımcıların ve uygulamacıların talepleri gözönüne alınarak geliştirilen PP esaslı Cam Elyaf Takviyeli boru kullanımı ile hem uzama sorunu hem de önceki nesil Alüminyum Takviyeli borularda yaşanan tıraş sorunu ve ısı iletim katsayısının yüksekliği bertaraf edilmiş ve pazara sunulmuştur. Bu boru sistemi, korozyona uğramaması ve 1,5 güvenlik faktöründe en az 50 yıllık ömrü sorunsuz bir şekilde sağlaması sayesinde Avrupa'da tercih edilmektedir. Ülkemizde de bulunan ve satılan bu en son teknolojinin ürünün kullanılmasıyla korozyon sorunu daha başta çözümlenmektedir.
- Boru ve fittingler tıkanıklığa karşı montaj öncesinden kontrol edilmeli gerekirse içleri temizlenmelidir.
- Diş açma paftaları ve makinaları çapakların boru içine kaçması engellenecek şekilde kurulması gereklidir.
- Kesim çapakları temizlenmeli, bakır boruda boru uçları kalibre edilmeli, boru kıvrılırken kırılmalara engel olunmalıdır.
- Bakır lehim noktaları tel fırça ile değil plastik esaslı fırça ile temizlenmelidir.
- Kendir ve teflon dişlere sadece gerektiği kadar sarılmalı, fazlasından kaçınılmalıdır.
- Ölü noktalar oluşmayacak ve gerektiğinde tüm tesisat tamamen boşaltılabilecek şekilde planlanmalı ve döşenmelidir.

- Akış hızı aşılmayacak şekilde ve fazla büyük çap belirlenmeden çap hesaplaması yapılmalıdır.
- Akış kuralına dikkat edilmelidir: “Galvaniz borudan önce hiçbir zaman bakır boru kullanılmamalıdır.”
- Montaj aşamasında ve işletmeye almadan önce yabancı madde girişini engellemek için boru ağizları mutlaka tamamen kapatılmalıdır.
- Şehir şebekesinden gelebilecek yabancı maddeleri tutabilmek için temizlenebilir ince filtreler kullanılmalıdır.
- İşletmeye almadan önce tesisat tamamen yıkanmalı ve uzun süreli yarım dolu bırakılmamalıdır.

SONUÇ

Metal tesisatta korozyonu başlatan bir çok faktör vardır. Teorikte ideal şartları açıklamak ve istemek mümkünken bunu pratiğe yani uygulamaya almak son derece zor olabilmektedir. Dolayısıyla korozyonun olmadığı tesisat sistemini daha başta seçmek doğru olacaktır. Günümüz bilgileri dahilinde korode olmayan madde plastiktir. Plastiklerin tesisatta kullanılan bir çok çeşidi varken bunların hepsini karşılaştırmak ve ona göre uygulamaya almak gereklidir. Almanya’da büyük yenilik olarak lanse edilen ve dünyanın 53 ülkesinde pazarlanan ve yoğun kullanım bulan Cam Elyaf Takviyeli borular ülkemizde de metal tesisatların yerine tercih edilmektedir. Daha önceleri plastik borular çeşitli sebeplerle kolon hatlarında kullanım imkanı bulamazken, Cam Elyaf Takviyeli boru bu amaçla üretilerek bu noktalarda da kullanıma girmiştir. Ülkemizde de artan bilinçlenmeyle minimum hata oranına sahip, hatta hatasız, tesisat yapımı giderek artmaktadır ve inanıyoruz daha da artacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Kunststoffrohre und Systeme in der Trinkwasser-Hausinstallation (Evsel İçme suyu Tesisatında Plastik Borular ve Sistemleri), Dipl.-Ing. (FH) Manfred E.Hoffmann, Heizungs-Journal Verlags-GmbH, 1. Baskı
- [2] Der Sanitärinstallateur - Technologie (Sihhi Tesisatçı - Teknik), Alfons Gassner, Verlag Handwerk und Technik GmbH, Son standartlara göre güncelleştirilmiş 4. Baskı
- [3] aquatherm Teknik Kataloğu
- [4] Gelişim Teknik Ltd. Şti. Dokümantasyonu

ÖZGEÇMİŞLER

Ali BİDİ

1949 yılı Garipçe (Antalya) doğumludur. 1969 yılında Almanya’ya giderek 1987 yılına kadar çalışmıştır. Almanya’da Sanat Okulunu bitirerek tekniker olarak çalışmış, Konstanz Üniversitesinin düzenlediği 6 aylık İşletme Kurslarına ve müteakiben de 6 aylık Sihhi Tesisat ve Güneş Enerjisi Kursuna katılmıştır. 1987 yılında Türkiye’ye kesin dönüşünde kurduğu Gelişim Teknik Ltd. Şti.’nin sahibidir ve genel müdürlüğünü yapmaktadır. 1987 yılında Türkiye’ye Polipropilen tesisat sistemlerini ilk olarak getirmiş, tanıtmış ve kullanılmasını sağlamıştır. Pis su tesisat sistemlerinde sessiz boru ve ses konusunda bilincin yerleşmesi için çaba göstermektedir. Tesisat Mühendisleri Derneği üyesidir. Evli ve üç çocuk babasıdır.

Uli HÖFFER

1969 Almanya doğumludur. Yüksek Kimya Mühendisidir. Halen Aquatherm GmbH firması Kalite Güvenliği Laboratuvar Sorumlusu olarak çalışmaktadır.