

# TESİSAT SİSTEMLERİNDEKİ BORU VE BAĞLANTI ELEMANLARINA GENEL BAKIŞ

İrfan Çelimli<sup>1</sup>

## 1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknolojik gelişmeler sonucunda, boru ve bağlantı elemanlarının malzeme ve tip seçimlerinde çok fazla seçenek bulunmaktadır. Dolayısıyla en uygun (optimum) seçimin yapılması hedeflenmeli ve bunun için gerekli araştırma/inceleme yapılmalıdır. Bu yazıdaki hedef, "Tesisat Sistemlerinde" kullanılan boru ve devre elemanlarının seçimi konusunda hangi ölçütlerin göz önüne alınması gerekliliği ile sektörde sıkça yaşanan tipik uygunsuzluklar hakkında özet tanım ve bilgiler vermektir. Buna ek olarak çelik boru üretim yöntemleri ile boru tanımları hakkında özet bilgi de verilmiştir. Ancak yazının kapsamı, "üst yapılar" ile "hafif endüstriyel tesisatlardaki" uygulamalara odaklanmış ve "Ağır Endüstriyel Boru Tesisatları ile Proses Boru Hatları" bu makale kapsamında irdelenmemiştir. Ayrıca yazıda temel olarak "Basınçlı Boru Devreleri" ele alınmış, bunun dışında kalan doğal akışlı pis su, yağmur suyu gibi açık devrelerin açıklanması hedeflenmemiştir.

Tanım olarak boru sistemleri, sıvı ve gaz akışkanların uygun ve güvenli olarak yer değiştirmesinde kullanılan, açık ve kapalı devre olarak kurulan tesisat elemanlarıdır. Borular genelde silindirik yapıda üretilmekle birlikte, bazı durumlarda kare, dikdörtgen ve elips kesitli olarak da kullanılabilir.

## 2. GENEL BAKIŞ

Boru seçiminde öncelikle iki temel ölçüt yer alır. Bunlar, malzeme cinsi ile dayanım sınıfının (et kalınlığı, basınç sınıfı, çelik çekme veya boyuna dikişli veya spiral dikişli üretim şekli) uygun düzeyde olmasıdır. Daha sonra ise boru yatırım maliyeti, üçüncü önemli başlıktır. Bunun dışında kalan boru bağlantı tipi (yivli, dişli, flanşlı gibi) ile boru bağlantı elemanları seçenekleri ise daha ikincil konulardır. Bu yazıdaki ana kaynakçamız, MTMD (Mekanik Tesisat Mühendisleri Derneği) tarafından yayınlanan "Tesisat Boru ve Bağlantı Elemanları El Kitabı"dır [1].

<sup>1</sup> Makina Mühendisi - [irfancelimli@gmail.com](mailto:irfancelimli@gmail.com)

Aşağıda boru malzemelerini tanımlamak ve seçimlerde hangi değişkenlere bakmak gerektiği konularında açıklamalar verilmiştir. Bazı terimlerin daha iyi algılanabilmesi için parantez içinde İngilizce karşılıkları da verilmiştir.

### 3. BORU TANIMLAMA STANDARTLARI

Boru malzemeleri ve tipleri standartlaştırılırken iki ana özellikte tanımlanır; boyut ve malzeme standardı.

#### • Boyut Standardı;

Özellikle boru boyutlarının ve et kalınlıklarının doğru uygulanması için çok önemlidir. Çünkü aynı devre üzerinde uygulanacak boru ve bağlantı elemanlarının birbiri ile uyumlu olması gerekir. Farklı et kalınlığı sorunu, tesisatlarda ve özellikle de hijyenik boru devrelerinde çok önemli bir konudur.

#### • Malzeme Standardı;

Boru seçiminde kullanılacak malzeme cinsi en önemli ikinci özellik olup, kullanılacak malzeme standartlarının (kimyasal yapısının) ve ısıl işlem şartlarının (normalize – tavlama gerekliliği gibi) tanımlanması gereklidir.

### 4. BORU BAĞLANTI YÖNTEMLERİ

Boru ve bağlantı parçalarının birbiri ile eklenmelerinde, öncelikle işletme koşullarına, bakım ve onarım gereksinimi için en uygun olan bağlantı tipini yeğlemek gereklidir. Bu şartı sağladıktan sonra, diğer ekonomik olma ve montaj kolaylığı sağlayan bağlantı şekilleri yeğlenebilir. Aşağıda belirgin malzeme tiplerine göre olan bağlantı şekilleri başlıklar halinde verilmiştir.

#### 4.1 Karbon Çelik Boru Bağlantı Yöntemleri

- Kaynaklı boru bağlantısı,
- Dişli boru bağlantısı,
- Flanşlı boru bağlantısı,
- Yivli boru bağlantısı,
- Baskılı geçme yöntemi ile boru bağlantısı.

#### 4.2 Plastik Esaslı Boru Bağlantı Yöntemleri

- Dişli boru bağlantısı,
- Yapıştırıcı madde ile boru bağlantısı,

- Flanşlı boru bağlantısı,
- Termal füzyon yöntemi ile boru bağlantısı,
- Alın kaynağı ile boru bağlantısı,
- Soket kaynak yöntemi ile boru bağlantısı,
- Elektrofüzyon kaynak yöntemi ile boru bağlantısı,
- Sıkıştırma yöntemi ile boru bağlantısı<sup>2</sup>,
- Yüksüklü boru bağlantısı.

#### 4.3 Bakır Borular ve Bağlantı Yöntemleri

- Borudan bükme dirsek,
- Sıkıştırma yöntemi ile boru bağlantısı,
- Kapiler (kılcal) yumuşak lehimli boru bağlantısı,
- Sert lehimli boru bağlantısı,
- Flanşlı boru bağlantısı,
- Baskılı geçme yöntemi ile boru bağlantısı,
- Sıkı geçme yöntemi ile boru bağlantısı.

#### 4.4 Paslanmaz Çelik Borular ve Bağlantı Yöntemleri

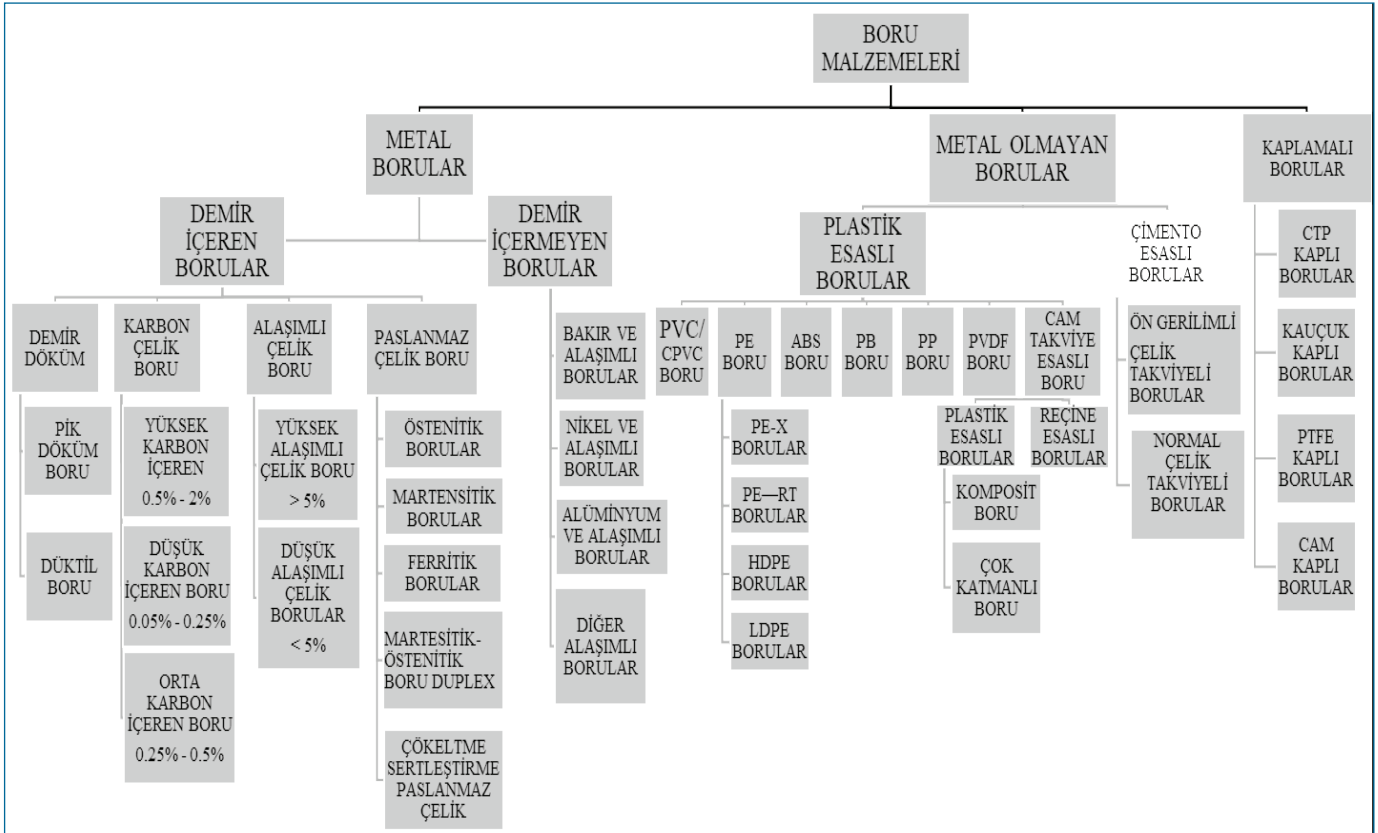
- Kaynaklı birleşim ile boru bağlantısı,
- Baskılı geçme yöntemi ile boru bağlantısı,
- Yivli boru bağlantısı,
- Yüksüklü boru bağlantısı.

### 5. BORU SEÇİMİNDE TEMEL MALZEME ÖZELLİKLERİ

Boru Malzemesini seçerken öncelikle; "maliyet, bulunabilirlik, kolay işlenebilirlik" konularını değerlendirmek gerekir. Aşağıda listelenen boru malzeme teknik özellikleri en önemli temel ölçütlerdir;

- **Kopma Dayanımı (Ultimate Tensile Strength)** – Malzemenin çekme kuvvetine dayanma kapasitesi.
- **Sünme Dayanımı (Yield Strength)** – Plastik deformasyonun başladığı yük.
- **Esneklik (Elasticity)** – Malzemenin yük kalktığında orijinal haline dönebildiği yük miktarı.
- **% Uzama (Elongation)** – Plastik deformasyonda uzama oranı (Percent elongation is a measure of ductility).
- **Sertlik, Kırılganlık Dayanımı (Hardness, brittleness)** – Malzemenin karbon içeriği nedeniyle şeklen geri dönüşsüz deformasyona dayanımı.

<sup>2</sup> Çok katmanlı borulardaki oksijen bariyeri, bağlantı elemanlarının sıkıştırma yöntemi ile montajına uygun olmayabilir.



Şekil 1. Boru Çeşitlerine Göre Sınıflandırma [2]

- **Darbe Emme (Toughness)** – Zarar görmeden malzemenin darbe enerjisini emme özelliği.
- **Sünme Direnci (Creep resistance)** – Sıcaklık ve yük altında malzemenin zamana bağlı deformasyon direnci.
- **Yorulma Direnci (Fatigue Resistance)** – Malzemenin değişken çekme yükü altında kırılana-kopana kadar uygulanan yükleme sayısı.

Bu özellikler paralelinde, boru tasarımındaki malzeme seçimi ve gerekli et kalınlıklarının hesaplanması yapılmalıdır. Yapı sektörümüzde kullanılan boru malzeme çeşitlerini aşağıdaki çizelgeyle özetlemek mümkündür (Şekil 1).

## 6. BORU MALZEME SEÇİM ÖLÇÜTLERİ

Tesisat sistemlerine ilişkin boru malzeme seçimleri ve tasarımları, farklı disiplinleri olan bir mühendislik alanıdır. Bu disiplinleri ana başlıklar olarak listelersek;

## 7. BORU MALZEME SEÇİM ÖLÇÜTLERİ

### a. Mühendislik

- Temel/ön (Konsept P&ID) tasarım,
- Boru detay tasarımı (güzergâh ve ağ belirleme),
- Boru çap belirleme (basınç ve direnç tasarımı),
- Sistem analizi,
- Stres hesapları (et kalınlığı, uzama- kılma),
- Boru askı taşıyıcı tasarımı,
- Uygulama proje yönetimi
- Şartname hazırlanması,
- Boru teknik özellikler tabloları,
- Enstrümantasyon çözümleri,
- Vanaların seçilmesi,
- Keşif özetleri, metraj çalışmaları,
- İhale dokümanı.

### b. Satın Alma

- Şartnamelerin denetimi (malzeme uygunluğu),

- Kalite kontrol ve sertifikasyon denetimi,
- Malzeme sağlama ve teslim süreçleri, lojistik.

### c. Saha Öncesi Üretim

- Bazı boru parçalarının atölyede yarı üretim olarak hazırlanması (Spool İmalat),
- Dirsek bükme,
- Kaynak veya ekleme işlemleri,
- Isıl işlem (gerekliyse),
- Parçaların işlenmesi,
- Tahribatsız kaynak denetimleri.

### d. Montaj

- Ön üretimi yapılmış boru parçaları ile askı ve taşıyıcıların yerlerine takılması,
- Eski tesisatlar ile uyumluluk sağlanması,
- Yeni döşenmelere uygun boya, ısı yalıtımı, eş potansiyel, topraklama, kaplama yapılması,
- Ön testler,

- Sızdırmazlık testleri,
- Boru yıkama temizlik işleri,

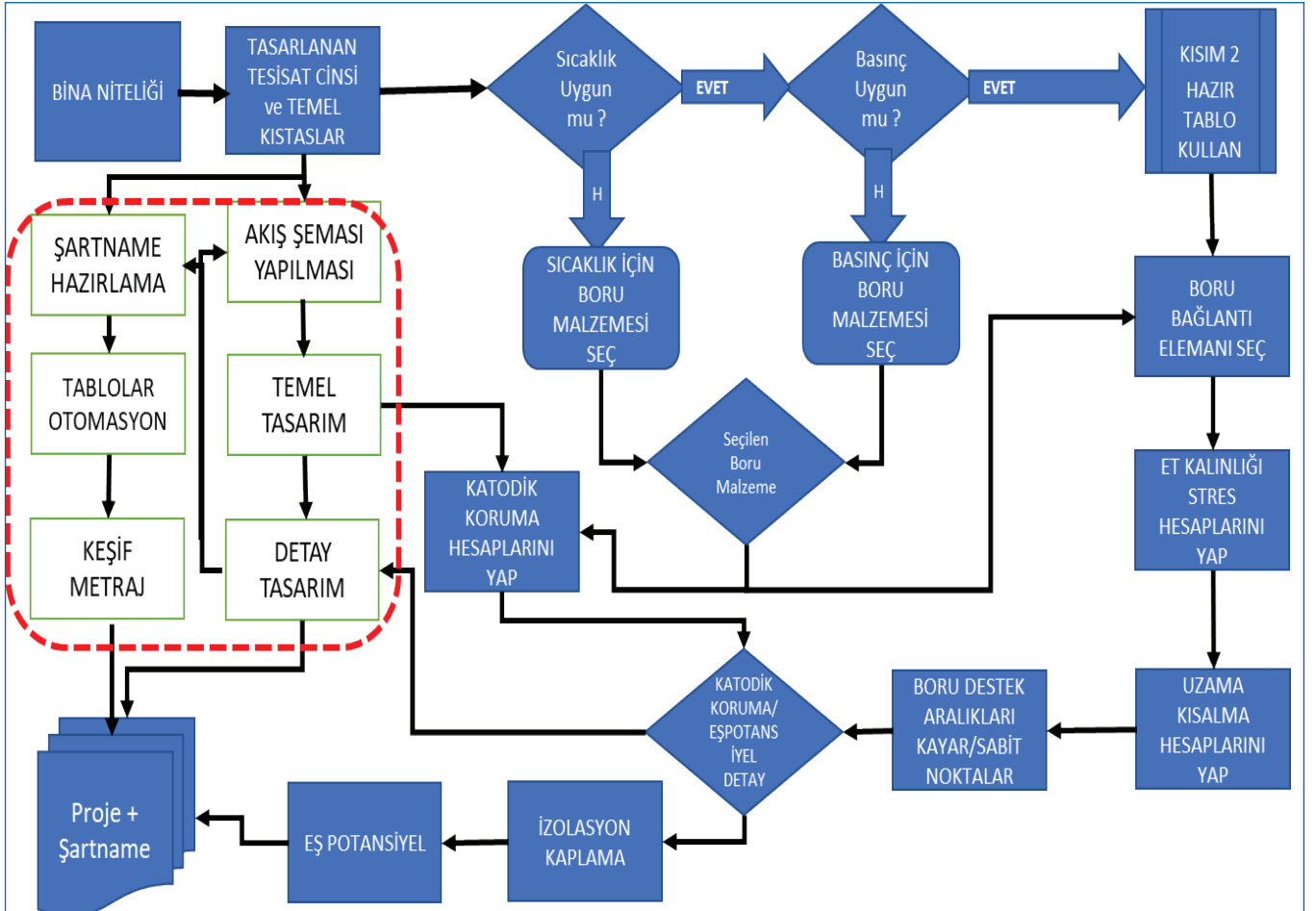
## 8. BORU VE SİSTEM ELEMANLARI SEÇİM AKIŞ ŞEMASI

Tasarım aşamasında boru seçim kararını verirken, hangi değişkenleri, hangi sıralamayla izlemek gerektiği yöntemi, aşağıdaki akış şeması ile özetlemeye çalıştık.

## 9. BORU/DEVRE ELEMANLARI SEÇİMİNDEKİ ÖNEMLİ DEĞİŞKENLER

Tesisat boru sistemlerini tasarlarken ilk adım olarak, yapı ve yapının niteliklerini belirlemek gerekir. Bunun için de aşağıdaki ölçütler/sorular düşünülerek boru tasarımı yapılmalıdır.

- Binanın niteliği ve gereksinim listesi temel kriterleri tanımlanmalıdır. (örnek: kamu binaları, hastaneler, değişiklik yapılması ve onarımı kolay olmayan yapılardır.)



Şekil 2. Proje Tasarım Süreci Boru ve Bağlantı Elemanları Seçim Ölçütleri [2]

- Binanın çalışma ömrü, konfor veya işletme bakım maliyet unsurları doğru belirlenmelidir.
- Tesisatların çalışma sıcaklıkları, basınçları, akışkan cinsleri, teknik ve ekonomik ömürleri göz önüne alınarak, bina ömrü boyunca nasıl değişiklik ve onarım yapılacağı doğru öngörülmelidir. (örnek: bina ömrü en az 50 yıl düşünülürse, yüksek katlı bir binanın üst katlarını besleme tesisatları nasıl değiştirilecek veya onarılacaktır.
- Tesisatlar için seçilen boru malzeme cinsi; ilgili yönetmelikler ve bina teknik özellikleriyle mimari yapıyla ne kadar uyumludur. (örnek: ısıtılması gerekmeyen su deposundaki pompa dairesinde yapılacak tesisat ile düşük sıcaklık iklim bölgesindeki su deposu pompa dairesi içerisindeki tesisatlar hiçbir zaman aynı olmayacaktır.),
- Atmosfere açık tesisatlar için tesisat taşıyıcı sistemlerinin niteliği ve atmosfer şartlarına dayanıklılığı, boru tesisatları kadar önemlidir

## 10. KARBON ÇELİK BORU İMALAT ŞEKİLLERİ VE TEKNİKLERİ

### 10.1 Boru Üretim Şekilleri

Karbon Çelik Tesisat Boruları iki temel teknik ile üretilmektedirler.

#### a. Dikişsiz (Çekme) Borular

Dikişsiz borular (genelde İngilizce "TUBE" veya "SEAMLESS" olarak adlandırılırlar). Bu sınıftaki boruların alt

üretim yöntemleri sınırlıdır ve genelde dış çaplarını (OD) gösteren anma çaplarıyla anılırlar.

#### b. Dikişli Borular

Dikişli borular (genelde İngilizce "PIPE" olarak adlandırılırlar) birçok teknik ile üretilen, kaynaklı borulardır. Genellikle et kalınlığının ortasındaki anma çapı (ND) ile anılırlar.

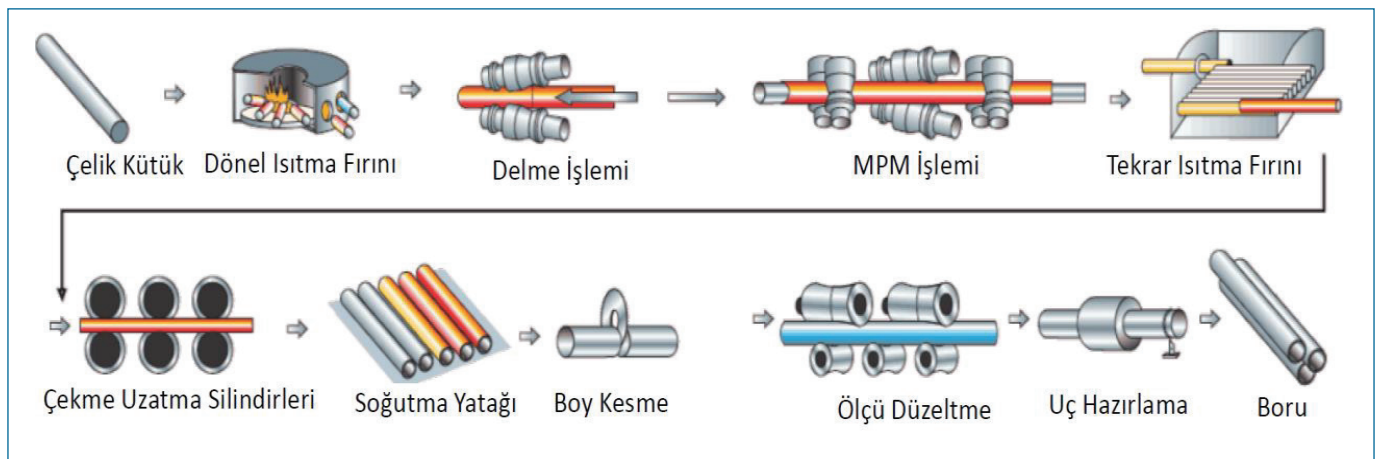
Tasarım ve ekonomik şartlar değerlendirildiğinde, küçük ve orta ölçekte dikişsiz borular, büyük çaplar için ise kaynaklı borular daha uygundur.

- SAW (Submerged Arc Weld) boru üretiminde kaynak dolgu malzemesi kullanılır.
- Düz dikişli boru (Straight/Long Seam Pipe)
  - Tek kaynaklı
  - Çift kaynaklı
- Helezonik /Spiral dikişli Boru (Helical/Spiral Seam Pipe)
- ERW/ EFW/HFW
  - ERW Elektrik direnç kaynağı (Electric Resistance Welding)
  - EFW Elektrik füzyon kaynağı (Electric Fusion Welding)
  - HFW Yüksek frekans kaynağı (High-frequency welding)

### 10.2 Boru Üretim Teknikleri

#### 10.2.1 Dikişsiz Karbon Çelik Borular:

Dikişsiz Boru üretiminde, farklı yöntemler vardır. Bunlar genel olarak dört ayrı başlık altında toplanabilir:



Şekil 3. Mandrel Değirmen İşlemi[3]

### 1. Mandrel Değirmen İşlemi (Mandrel Mill Process)

Mandrel değirmen boru üretim sürecinde, çelik kütük döner fırında yüksek bir sıcaklığa ısıtılır. Ana oyuk olarak da bilinen silindirik bir oyuk, döner bir delici ve deliciyi kütüğün merkezinde tutan bir dizi silindir düzenlemesi yardımıyla üretilir. Delicinin dış çapı yaklaşık olarak bitmiş borunun iç çapıdır. İkincil bir silindir düzenlemesi yardımıyla, dış çap ve kalınlık elde edilir.

### 2. Mannesman Değirmen İşlemi (Mannesmann Plug Mill Pipe)

Mannesmann, bu boru üretim sürecini bulan bir Alman mühendisti. Tapa frezesi işlemi ile mandrel değirmen işlemi arasındaki tek fark, mandrel yönteminde iç çapın tek bir geçişte elde edilmesidir. Buna karşılık, Mannesmann'da çok aşamalı bir azaltma yapılabilir.

### 3. Dövme Dikişsiz Boru İşlemi (Forged Seamless Pipe)

Bir dövme boru üretim sürecinde, ısıtılmış bir kütük, bitmiş borudan biraz daha büyük bir çapa sahip bir dövme kalıbına yerleştirilir. Silindirik dövme oluşturmak için eşleşen iç çapa sahip dövme çekicinin hidrolik presi kullanılır.

Bu dövme yapıldıktan sonra, son boyuta ulaşmak için boru işlenir. Dövme boru üretim süreci, geleneksel yöntemler kullanılarak üretilmeyen büyük çaplı dikişsiz borular üretmek için kullanılır. Dövme borular normalde buhar başlığı için kullanılır.

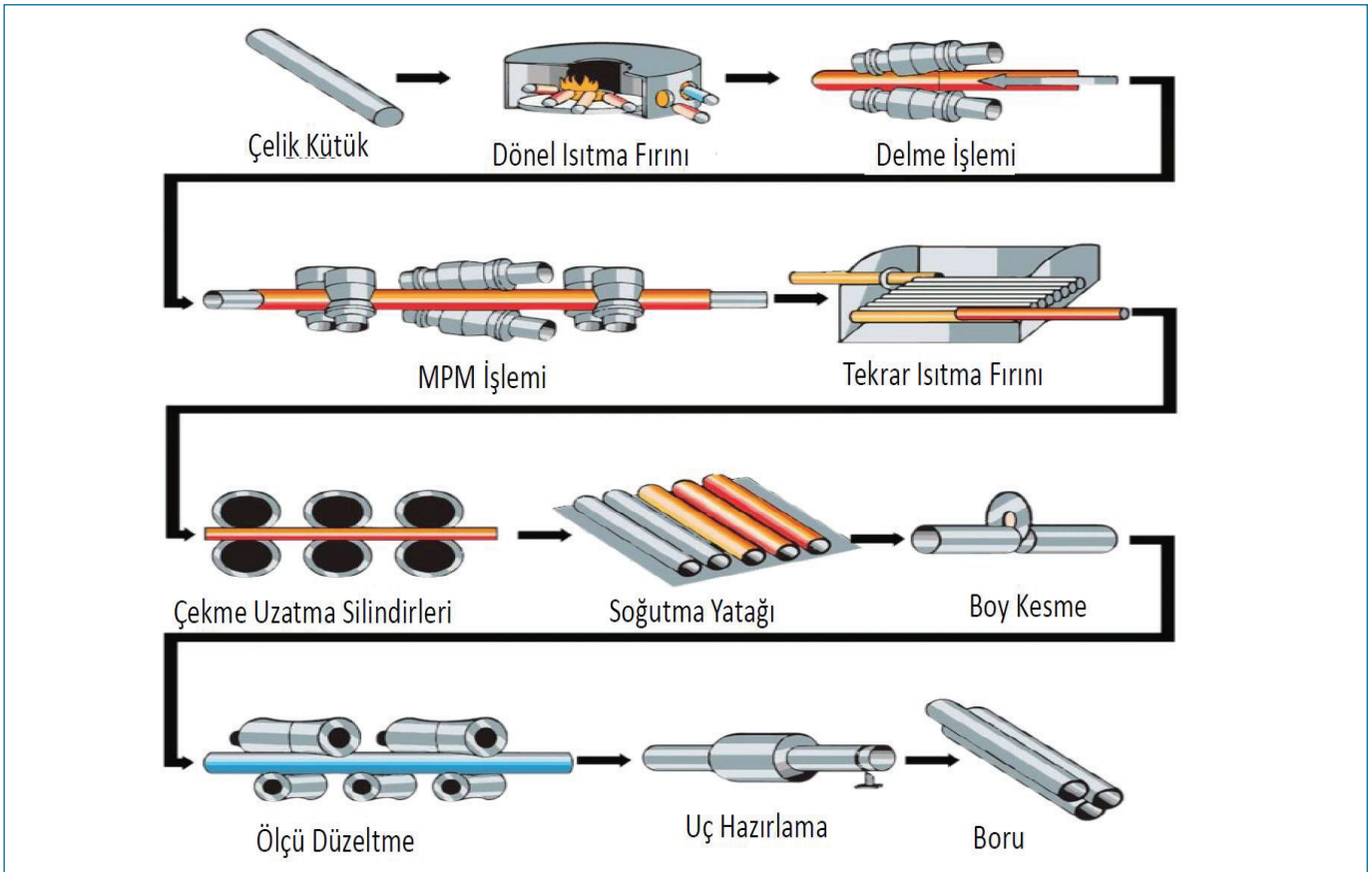
### 4. Soğuk/Sıcak Çekme İşlemi (Extrusion Processes)

Ekstrüzyon borusu üretiminde, kalıbın içine ısıtılmış bir kütük yerleştirilir. Bir hidrolik piston, kütüğü delici mandrelle doğru iter ve malzeme, kalıp ile mandrel arasındaki silindirik boşluktan boru olarak çıkar. Bu işlem boruyu kütükten üretme tekniğidir.

Bazen, üreticiler kütükten dişi (içi boş) olarak bilinen yüksek et kalınlığında silindirik kütük boru üretirler. Birçok ikincil boru üreticisi, farklı boyutlarda borular üretmek için bu kalın etli ortası boş kütükten soğuk veya sıcak olarak çekme ile istenen et kalınlığında ve çapta boru üretimini yaparlar.

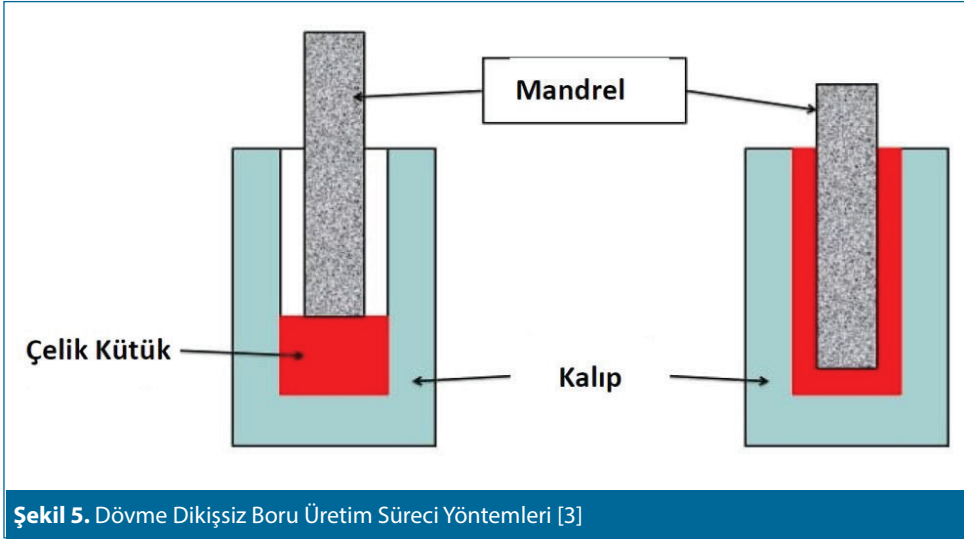
### 10.2.2 Dikişli Karbon Çelik Borular

Dikişli Boru üretiminde de farklı yöntem vardır. Bunlar temel olarak iki tipe ayrılır;

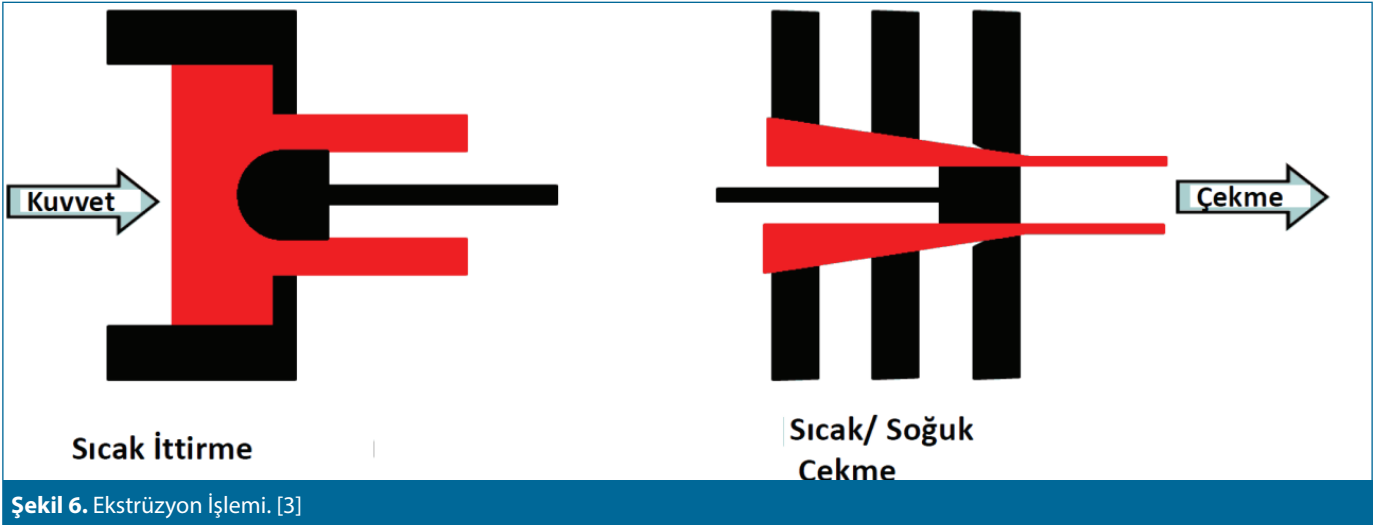


Şekil 4. Mandrel Değirmen İşlemi [4]





Şekil 5. Dövme Dikişsiz Boru Üretim Süreci Yöntemleri [3]



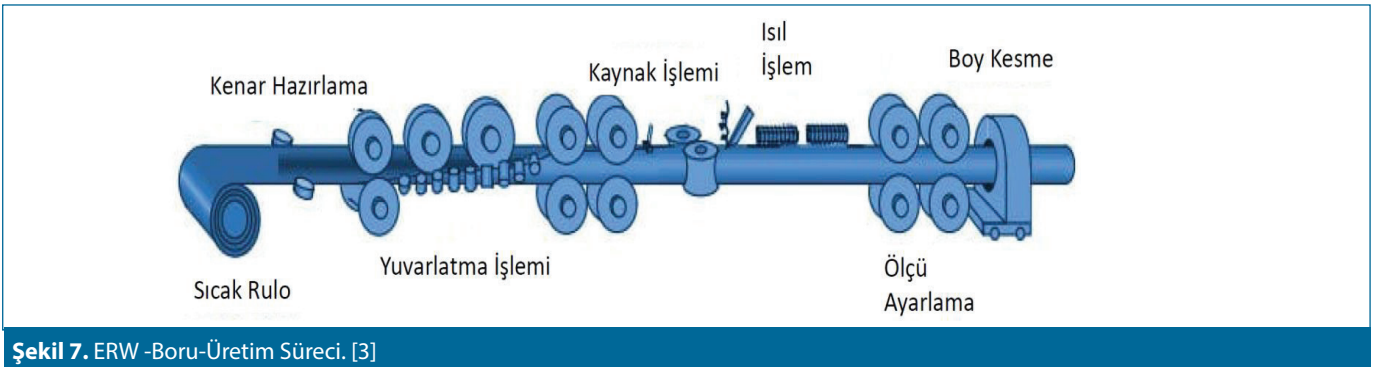
Şekil 6. Ekstrüzyon İşlemi. [3]

a. Elektrik Ark Kaynaklı Borular (ERW- Electric Arc Welding, /EFW-Electric Fusion Welding/HFW- Electric High Frequency Welding, Steel Pipe)

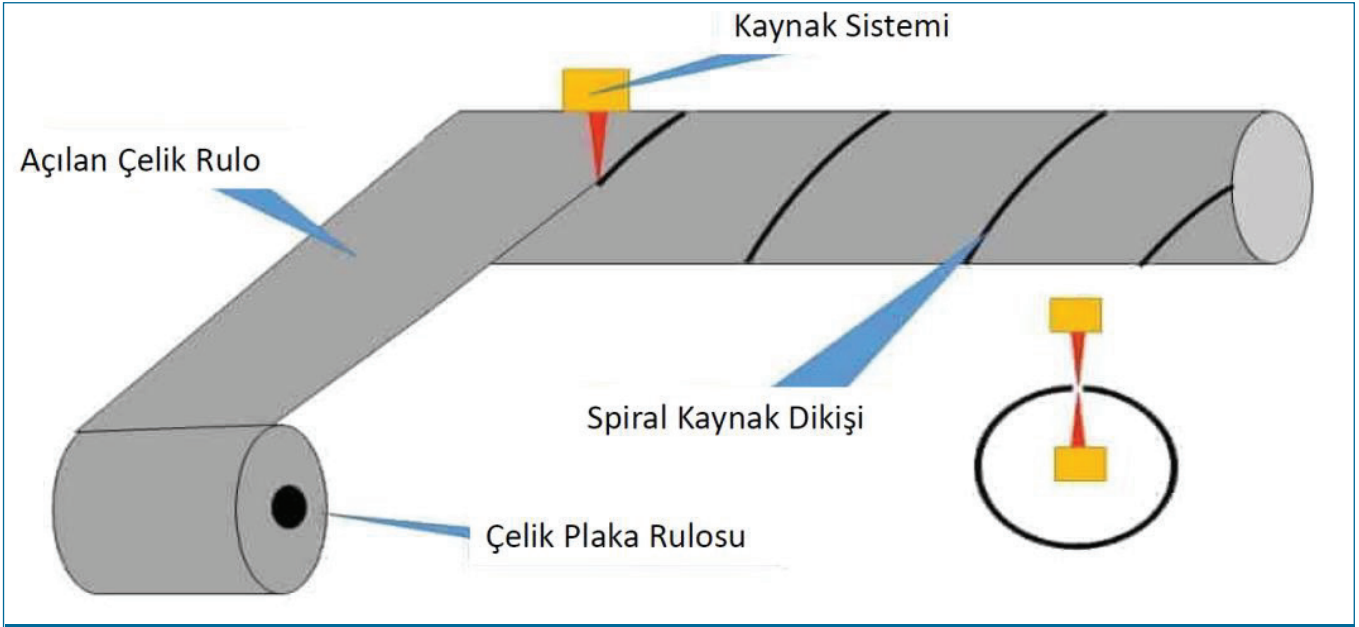
ERW / EFW / HFW boru işleminde, ilk plaka silindirik bir şekilde oluşturulur ve oluşturulan silindirin uzunlama-

sına kenarları flaş kaynağı, düşük frekanslı direnç kaynağı, yüksek frekanslı indüksiyon kaynağı veya yüksek frekanslı direnç kaynağı ile kaynaklanır.

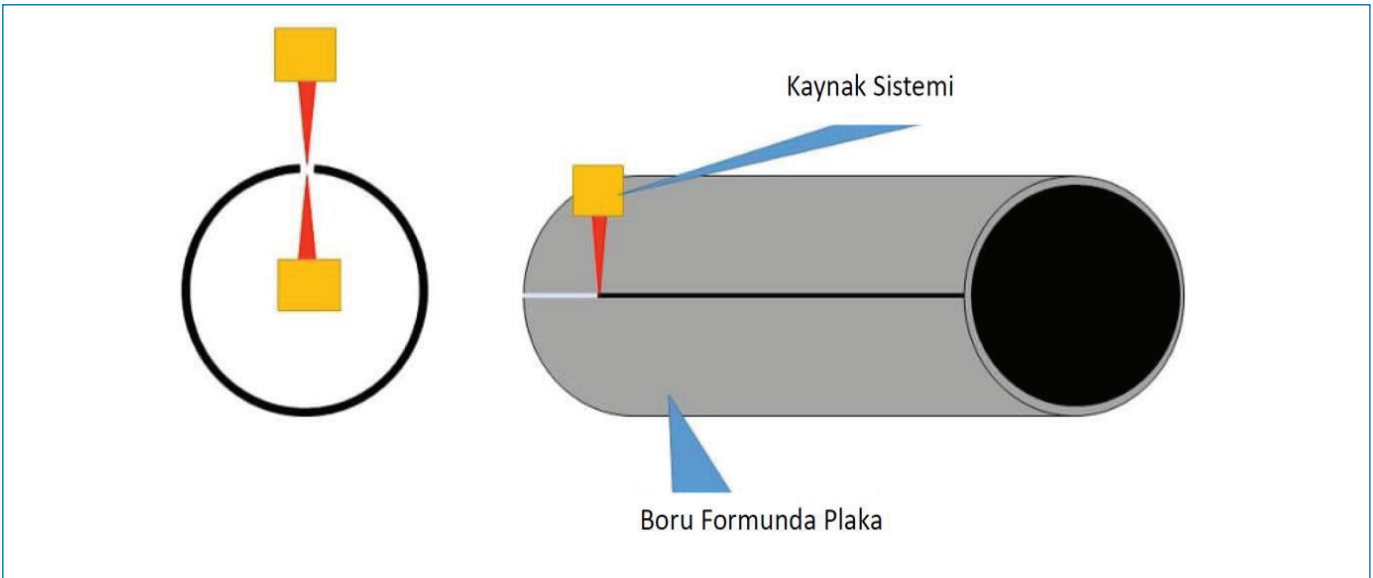
b. SAW Kaynaklı Borular (SAW- Submerged arc welding process)



Şekil 7. ERW -Boru-Üretim Süreci. [3]



Şekil 8. Spiral SAW boru Üretim Süreci



Şekil 9. SAW Boru Üretim Süreci. [3]

SAW kaynak işleminde, oluşturulan plakaları birleştirmek için dışarıdan dolgu metali (tel elektrotlar) kullanılır. Boru boyutuna bağlı olarak, SAW borularının tek veya çift, uzunlamasına dikişleri olabilir.

SAW boruları, tek plakalı bobinden sürekli olarak yuvarlanan spiral dikişli de olabilir. Spiral SAW borusunun üretim hızı, düz SAW borusuna oranla çok yüksektir. Bununla birlikte, Spiral SAW boruları sadece su, kritik olmayan proses hizmetleri gibi düşük basınçlı hizmetlerde kulla-

nılır. Tozaltı kaynak yöntemi ile hem dıştan hem de içten kaynak yapılması ile birleştirme işlemi yapılır. Özellikle de spiral kaynaklı boru üretimlerinde bu yöntem yeğlenir.

## 11. BORU TASARIMINDA VE MALZEME SEÇİMİNDE TİPİK HATA BAŞLIKLARI

Tesisat boru devresi uygulamalarında sıkça yaşanan ve görülen bazı tipik hata başlıklarını aşağıda özetleyelim.



### 11.1 Boru Çap Tanımları

Boru çap tanımları için bölgesel ve uluslararası geçerlilikte olmak üzere çeşitli standartlar vardır. Çünkü tesisat elemanlarının birbiri ile uyumlu bir şekilde bağlanması esastır. Dolayısıyla şartname ve tasarım belgelerinde bu çap bilgilerinin doğru ve uyumlu olması gereklidir.

Boru çapları için genel olarak üç farklı ölçü söz konusudur;

- **Nominal Boru Çapı:** Standartlarda geçen ve özellikle çelik borular için yaygın olarak kullanılan ölçüdür. Nominal çap, boru iç çapına yakın bir değerde olup ortak bir ölçü birimidir.

Bunun için inç (") veya DN/ND ... olarak belirtilir.

- **Boru Dış Çapı:** Borunun et kalınlığını da içeren maksimum çap tanımıdır.
- **Boru İç Çapı:** İçteki net boşluğu tanımlayan çap olup, akışkanın doldurabildiği esas boyutu tanımlar.

Buradan çıkacak sonuç, boyut standardı olmayan tüm boruların (standart dışı olanlar) için hem dış çapı, hem de et kalınlığını tanımlamak en doğru uygulamadır. Zira zaman zaman, standart dışı boru tanımları nominal çap vererek hatalı uygulamalara yol açılması sıklıkla yaşanmaktadır.

Ayrıca boru devrelerinde kullanılan bağlantı elemanı (fitting) ile düz boru çap uygunluğuna ve özellikle standart çaplı uygulamalarda et kalınlığına çok özen gösterilmelidir.

### 11.2 Boru Malzeme Seçimlerindeki Tipik Hatalar

Malzeme seçimindeki esas ölçüt, dayanım açısından doğru malzemeyi seçmektir. Bunun için de boru içinden geçen akışkan ile boru dış ortamı belirleyici değişkendir. Ayrıca sistem ömrünü de üçüncü ölçüt olarak alarak uygun malzeme seçimi belirlenmelidir.

Diğer bir önemli konu da "paslanmaz" ölçütünün yanlış anlamalara yol açmasıdır. Çünkü paslanmaz tanımı genel bir tanım olup, hangi derecede paslanmaz olduğu daha ayrıntılı olarak belirtilmelidir. Örneğin asidik ortamlara karşı farklı, bazik ortamlar için farklı paslanmaz çelik malzemeler (AISI 304, 316L, 904) gereklidir. Boru içinde uzun süreli durağan olan sularda oluşan "Bakteri" oluşumları da önemli aşındırıcı yıpranmalara sebep olabilmektedir.

### 11.3 Malzeme Uyumsuzlukları

Aynı boru hattı üzerinde kullanılan farklı malzemelerin seçiminde, o malzemelere ait kimyasal uyum gereklidir. Çünkü malzemelerin farklı kimyasal özellikleri olması, akışkan ortamının sıcaklığının etkisi ile birleşerek pil oluşumuna (Galvanik akım oluşumu) neden olabilmektedir. Galvanik akımlar malzemeyi hızla yok eder. Bunu iki önemli malzeme seçimi ile örnekleyelim;

- BAKIR BORU – GALVANİZ BORU UYUMSUZLUĞU=PİL OLUŞUMU;

(Bakır ile Çinko malzeme uyumsuzluğu. Önlem olarak bu iki malzeme arasına elektrik iletmeyen (di-elektrik) farklı bir malzeme kullanmak bu olumsuzluğu giderecektir. Bunun için kızıl döküm olarak da adlandırılan bronz bağlantı elemanları bakır ve galvaniz parçalar arasına eklenerek, galvanik oluşum önlenir.

- BAKIR –ALUMİNYUM UYUMSUZLUĞU= PİL OLUŞUMU;

Bu iki malzemenin de yan yana kullanılması galvanik akıma neden olduğu için, gerekiyorsa bu iki boru malzemesi arasına çelik malzemedan ara bağlantı elemanı kullanmak zorunludur.

## 12. BORU TASARIMI VE MALZEME SEÇİMİNDE TİPİK HATA BAŞLIKLARI

Tesisat boru devre uygulamalarında sıkça yaşanan ve görülen bazı tipik hata başlıklarını aşağıda özetleyelim.

### 12.1 Boru Çap Tanımları

Boru çap tanımları için bölgesel ve uluslararası geçerlilikte olmak üzere çeşitli standartlar vardır. Zira tesisat elemanlarının bir biri ile uyumlu bir şekilde bağlanması esastır. Dolayısıyla şartname ve tasarım belgelerinde bu çap bilgilerinin doğru olması gereklidir.

Boru çapları için genel olarak üç farklı ölçü söz konusudur;

- **Nominal Boru çapı:** Standartlarda geçen ve özellikle çelik borular için yaygın olarak kullanılır. Nominal çap, boru iç çapına yakın bir değerde olup ortak bir ölçü birimidir. Bunun için inç (") veya DN/ND ... olarak belirtilir. Bu tanım, özellikle boyut standardı ve yağın

kullanımı olan bazı çelik boru tipleri için kullanılır. Örneğin TSEN 10255 standardında olan dikişli çelik (siyah karbonçelik veya galvanizli) borular için kullanılır. Nominal çap tanımına karşı gelen boru dış çapı ve cidar et kalınlığı ilgili standartta tolerans sınırları içinde tanımlanmıştır.

- **Boru Dış Çapı:** Boru iç çapına, her iki taraftaki et kalınlığının da dahil edildiği borunun en dış ölçüsünü gösterir.
- **Boru İç Çapı:** Akışkanın yol aldığı net ölçüyü belirten boyut tanımıdır. Hidrolik hesaplarda esas alınan çap ölçüsüdür.

Boyut standardı olmayan plastik, çelik, bakır vb. borular için en doğru tanım şekli boru dış çapı ile istenen et/cidar kalınlığının birlikte belirtilmesidir.

### 12.2 Boru Et Kalınlıkları Seçimi

Seçilen düz boru et kalınlığı ile aynı devre üzerinde kullanılacak bağlantı elemanı (fiting) et kalınlığının uyumsuz olması, özellikle hijyenik boru devrelerinde çok daha önemli olup, kesinlikle aynı et kalınlığı olmalıdır.

### 12.3 Farklı Malzeme Seçimi

Aynı sistem (aynı boru devresi) üzerinde farklı malzeme uygulamalarında, galvanik oluşum (pil etkisi, korozyon) olmaması için uyumlu malzeme seçilmeli, farklı malzemelerin potansiyel farkları kontrol edilmelidir.

### 12.4 Boru Devrelerinde Oluşan Bakteri Sorunu

Kullanım dışında olan dönemlerinde boru devresindeki su gibi akışkanların kimyasal özelliklerinin izlenmesi

önemlidir. Çünkü uzun dönemli bekleme evrelerinde, akışkan içinde oluşan bakteriler, organizmalar zaman zaman beklenmedik aşınma ve delinme hasarlarına neden olmaktadır. Hatta bu durum paslanmaz boru hatları için de söz konusudur.

## 13. SONUÇ

Ulusal ölçekteki uygulamalarda, tesisat boru ve bağlantı elemanları için yeterli kaynak olmadığı açıktır ve konu ile ilgili çok ciddi tesisat sorunları yaşanmaktadır. Bu konularla ilgili olarak tasarım sürecinden başlayarak montaj aşamasına kadar boru standartları ile uygun malzeme seçim hataları ve proje üzerinde yanlış yazımlar da sıkça görülmektedir. Bu konuya özgün olarak "MTMD'nin yayınladığı derleme özellikteki 5 no.lu yayın, önemli bir eksikliği kısmen de olsa karşılamaktadır. Ancak boru ve bağlantı elemanları seçimi sırasında yapılan yanlışların engellenmesi-azaltılması için, bu konularda uluslararası standartları referans alan daha ileri özgün başka çalışmaların da hazırlanması gereklidir. Çünkü genel uygulamalardaki yanlışlıklar sonucu, ciddi boyutta ulusal servet kayıpları oluşmaktadır.

"Boru devreleri, sistemlerin can damarı olup, tasarım ve uygulamada en yüksek önemde ele alınmalıdır."

## KAYNAKÇA

1. Tesisat Boru ve Bağlantı Elemanları El Kitabı- MTMD Teknik Yayın No : 5.
2. Serdar UZGUR (Mak. Müh.) Çalışmaları ve Eğitim Notları,
3. Yerli ve Yabancı Çelik Boru Üretici Katalogları.