

TÜRK LOYDU

DENİZ ALTI BORU HATLARI İLE İLGİLİ KURALLAR



Cilt D

Kısım 67 – Deniz Altı Boru Hatları ile İlgili Kurallar

2008

Deniz Altı Boru Hatları ile İlgili Kurallar**Sayfa****Bölüm 1- Uygulama, Kapsam ve Sertifikalandırma**

A. Genel	1- 1
B. Uygulama.....	1- 1
C. TL Hizmetlerinin Kapsamı.....	1- 1
D. İlgili Diğer Kurallar.....	1- 1
E. Dokümantasyon	1- 1
F. Sertifikalandırma	1- 1

Bölüm 2- Kalite Güvencesi ve Muayeneler

A. Genel	2- 1
B. Kalite Güvencesi ve Kalite Kontrolü	2- 1
C. Denetimler ve Muayeneler	2- 1

Bölüm 3- Ortam Koşulları

A. Genel	3- 1
B. Boru Hattı Güzergahı	3- 1
C. Ortam Parametreleri	3- 1
D. Ortam Dizayn Parametrelerinin Belirlenmesi	3- 1

Bölüm 4- Yükler, Dizayn Koşulları

A. Genel	4- 1
B. İşletim Yükleri ve Sabit Yükler	4- 1
C. Ortam Yükleri	4- 1
D. Yer Değişimleri	4- 1
E. Montaj Yükleri	4- 1
F. Olağandışı Yükler	4- 1
G. Dizayn Yük Durumları	4- 1
H. Yükler için Emniyet Faktörleri	4- 1
I. Yorulma Yükleri	4- 1

Bölüm 5- Dizayn Değerlendirmesi

A. Genel	5- 1
B. Dizayn Esasları	5- 1
C. Akma Kriteri	5- 1
D. Burkulma	5- 1
E. Yorulma	5- 1
F. Çatlama	5- 1

G. Girdap Dağılıması	5- 1
H. Dip Dengesi	5- 1
I. Boru / Zemin Etkileşimi	5- 1
J. Montaj Gerilmeleri	5- 1

Bölüm 6- Malzemeler, Hat Boruları ve Bileşenler

A. Genel	6- 1
B. Hat Boruları	6- 1
C. Boru Hattı Bileşenleri Çelikleri	6-
D. Esnek Borular	6-
E. Cıvatalı Bağlantılar	6-
F. Taşıyıcı Yapılarla İlgili Malzemeler	6-
G. Asitli Servis Malzemeleri	6-
H. Kaynak Tüketim Malzemeleri	6-

Bölüm 7- Kaynak ve Tahribatsız Testler

A. Genel	7- 1
B. Kaynak Prosesleri ve Tüketim Malzemeleri	7- 1
C. Kaynak Yöntem Testleri	7-
D. Kaynakçı Yeterlilik Testleri	7-
E. İşçilik	7-
F. Kaynakların Tahribatsız Testleri ile İlgili İstekler	7-
G. Tahribatsız Muayene Yöntemleri	7-

Bölüm 8- Korozyonu Önleme ve Katodik Korunma

A. Genel	8- 1
B. Kaplama Sistemleri	8- 1
C. Katodik Korunma	8- 1

Bölüm 9- Ağırlık Kaplaması ve Saha Birleştirmelerinin Kaplanması

A. Genel	9- 1
B. Beton için Ham Maddeler	9- 1
C. Donatılı Beton Kaplama Malzemeleri	9-
D. Ağırlık Kaplaması Uygulamaları	9-
E. Testler	9-
F. Kusurlar	9-
G. Elleçleme ve Depolama	9-
H. Saha Birleştirmeleri Kaplama Malzemeleri	9-

Bölüm 10- Montaj ve Testler

A. Genel	10- 1
B. Denizdeki İşlemler	10- 1
C. Boru Hattının Montajı	10-
D. Bağlantılar.....	10-
E. Kıyı Hattında Montaj	10-
F. Boru Hatlarının Korunması	10-
G. Fiili Durum Sörveyleri.....	10-
H. Boru Hattına Müdahale	10-
I. Boru Hattı Sistemlerinin Basınç Testleri	10-
J. Diğer Testler	10-

Bölüm 11- Muayene, Bakım ve Onarımlar

A. Muayene ve Bakım	11- 1
B. Onarımlar.....	11- 1
C. Yeniden Sertifikalandırma.....	11- 1

Bölüm 12- Cihazlar, İzleme ve Kontrol

A. Genel	12- 1
B. Aşırı Basınca Karşı Koruma.....	12- 1
C. Kontrol Odaları.....	12-
D. Boru Hattı İçi İşlemleri (Pigging)	12-
E. Testler.....	12-

Bölüm 13- Boru Hattı Sistemlerinin Hizmet Dışına Alınması

A. Hizmet Dışına Alma	13- 1
-----------------------------	-------

EK A - Malzemelerin ve Kaynakların Test Yöntemleri

A. Kapsam.....	Ek A- 1
B. Test Makinaları ve Personeli.....	Ek A - 1
C. Örnek Hazırlama ve Testler	Ek A -
D. Test Örneklerinin Yerleri	Ek A -
E. Test Sonuçlarının Raporlanması	Ek A -
F. Kimyasal Analizler	Ek A -
G. Çekme Testi.....	Ek A -
H. Çentik Darbe Testi	Ek A -
I. Ağırlık Düşürme Testi	Ek A -
J. Kaynakların Eğme Testi.....	Ek A -
K. Kaynakların Makro Muayenesi.....	Ek A -
L. Kaynakların Sertlik Testi	Ek A -

EK B - Tahribatsız Testlerin Kabul Kriterleri

A. Radyografik Test Sonuçlarının Kabulü	Ek B - 1
B. Ultrasonik Testlerin Kabul Kriterleri.....	Ek B - 1
C. Manyetik Parçacık Muayenesinin Kabul Kriterleri	Ek B -
D. Girici Sıvı Kriterlerinin Kabul Kriterleri	Ek B -
E. Görsel Muayenelerin Kabul Kriterleri	Ek B -

EK C - Hesaplama Yöntemleri

A. Analitik ve Nümerik Yöntemler	Ek C - 1
B. Gerilme Değerlendirmesi	Ek C - 1
C. Uzama Değerlendirmesi	Ek C -
D. Burkulma Hesapları	Ek C -
E. Girdap Dağılımı Hesapları.....	Ek C -
F. Su Darbesi	Ek C -
G. Balık Avlama Donanımı Etkileri.....	Ek C -
H. Hidrodinamik Yükler.....	Ek C -
I. Zemin Stabilitesi	Ek C -
J. Zeminin Sıvılaşması	Ek C-
K. Boru Hatlarının ve Düşey Boruların Katodik Korunması ile İlgili Akım İsteklerine Ait Bilgiler	Ek C-

BÖLÜM 1

UYGULAMA, KAPSAM VE SERTİFİKALANDIRMA

Sayfa

A.	Genel	1- 1
B.	Uygulama.....	1- 1
C.	TL Hizmetlerinin Kapsamı.....	1- 1
D.	İlgili Diğer Kurallar.....	1- 1
E.	Dokümantasyon	1- 1
F.	Sertifikalandırma	1- 1

A. Genel

1. Buradaki kurallar, boru hatlarının yer aldığı tüm açık deniz, yakın kıyı ve kıyı hattı alanlarındaki boru hatlarında uygulama amacını taşır. Coğrafi konuma bağlı olarak, bunlar ılımlıdan aşırı sert'e kadar değişen ortam dizayn koşullarına uygulanır. Bu kabulde, kurallar, belirlenen minimum istekler çerçevesinde dizaynere maksimum esneklik sağlayacak tarzda oluşturulmuştur. Böylelikle, ilgili dizayn durumu için boru hattı sisteminin özgün konumuna bağlı olarak dizaynere deneyimi ve inisiyatifini kullanma olanağı sağlanır.

2. Kurallar; klasik deterministik dizayn yöntemlerinin yanı sıra, yük etkileri ve yük etkilerine dirençle ilgili değerlerin istatistiksel dağılımını içeren sınır durumu kriterlerinin esas alındığı, yeni geliştirilen dizayn yöntemlerinin kullanımına da uygundur. Klasik dizayn yöntemlerinin belirgin niteliği, dizaynla ilgili tüm belirsizliklerin tek bir (global) emniyet faktörü ile kapsandığıdır. Sınır durum kriterlerinin esas alındığı dizayn yöntemlerinde, çeşitli yük etkilerine karşı, direnç hesabında, kısmi emniyet faktörleri kullanılır.

Emniyet faktörlerinin kullanımı Bölüm 4 ve 5'de belirtilmiştir. Yük etkilerine ait emniyet faktörleri Bölüm 4'de, yük etkilerine dirençle ilgili emniyet faktörleri Bölüm 5'de verilmiştir.

Kurallar, özellikle iyileştirilmesi istenilen sistemlerde olmak üzere, incelenen boru devresi sisteminin hizmete uygunluğun sağlanması amaçlanan dizayn yöntemlerini destekler.

3. İncelenen boru sistemi için seçilen dizayn yöntemi, daima, B.7'deki isteklere uygun olacaktır.

4. Kurallar, yeni tesislere ve dizayn edilmiş mevcut tesislerin genişletilmesine uygulanır. Burada kl kurallar; mevcut tesislerde geriye dönük olarak kullanılamaz. Ancak mevcut tesisler değerlendirilirken buradaki kuralların ve diğer kod, standart; vb.'nin mümkün olan oranda uygulanması önerilir.

B. Uygulama

1. Buradaki kurallar; **TL** tarafından sertifikalandırılması istenilen çelik deniz altı boru hatlarının dizaynı, üretimi, montajı, testleri, bakımı, onarımı ve hizmet dışına alınması ile ilgili minimum istekleri içerir.

2. Sertifikalandırma, F'deki hükümler ve isteklere tabi olup, buradaki zorunlu isteklerin tam olarak karşılanması halinde gerçekleştirilir. F'deki hükümler çerçevesinde, **TL**'nin yazılı izni olmadan, kurallardan sapmalara izin verilmez.

3. Kuralların temel amacı; deniz altı hatlarının emniyetli üretimi, montajı, testleri, işletimi, bakımı ve onarımının sağlanması ve bu işlerde çalışan insanların ve çevrenin tehlikelerden korunması için parametreler ve koşulların oluşturulmasına yardımcı olmaktır.

4. Kurarlarda, kabul edilen ve 8'de belirtilen tanınmış kod ve standartlarda yer alan metinlerin

tekrarından kaçınmak üzere, sadece ana parametreler verilerek, özlü ifadeler kullanılmıştır.

5. Kuralların doğru yorumu için, “caktır” ve “malıdır” ifadeleri kuralların öngördüğü zorunlu istekleri, “.....labilir” ifadesi seçenekli istekleri işaret eder.

6. Kurallar, üst kısımlardaki borular, manifoldlardaki borular, tesis boruları ve esnek borular gibi boru devrelerini kapsamaz. Esnek borular D.1’de verilen esaslarda yer almaktadır. Madde 11’e de bakınız.

7. Kurallar kapsamındaki hizmetler tanınmış ulusal veya uluslararası kodların ve standartların isteklerine göre yapılacaktır. ISO 13623 “Petroleum and natural gas industries – Pipeline transportation systems” ‘in mümkün olduğunca kullanılması öngörülmüştür.

Kurallarda, **TL** tarafından kabul edilen uluslararası kod ve standartlara atıflarda bulunulmuştur. Diğer eşdeğer standartların veya kodların kullanımı, işlere başlanılmadan önce **TL**’nin onayı alınmak koşuluyla mümkündür. **TL**, kuralların isteklerine uygun olmadığı kanaatinde olduğu hallerde, standart veya kodları reddetme hakkına sahiptir.

8. Kurallar kapsamındaki işlerde görev alan tüm kişi ve kuruluşların mesleki vasıf ve deneyime ve gerekli olanak ve donanımlara sahip oldukları kabul edilir.

9. Buradaki kurallar temel olarak hidrokarbon akışkanları taşıyan boru hatları sistemlerine uygulanır. Diğer maddeleri taşıyan veya özel uygulamalarda (örneğin; sıvılaştırılmış gazlar gibi) kullanılan boru hatları, mevcut kurallar uygulanarak, her durumda ayrı ayrı değerlendirilecektir.

10. Pig tutucular (pig traps), metal ayırıcılar (slug catheters), diğer basınçlı kaplar ve esnek borular gibi boru hatlarına bağlı ve birlikte çalışan donanım, sadece boru hattı sisteminin emniyetli çalışması ile ilgili konular ve gerekli testler kapsamında buradaki kuralların isteklerine tabidir. Ancak, bu donanımın sertifikalandırılması, genelde boru hattı sisteminden bağımsızdır.

11. Buradaki kurallar, kurallara uygunluklarının belirlenmesi amacıyla, **TL** gözetimi altında üretilmeyen boru hatlarına da uygulanabilir.

C. TL Hizmetlerinin Kapsamı

1. Buradaki kurallarla ilgili olarak **TL** tarafından verilen hizmetler, kurallar kapsamındaki işlerin sertifikalandırılmasını içerir. Hizmetler, deniz altı boru hatlarının mal sahipleri ve/veya işleticileri ile işleri yapan taşaronlara ve sağlayıcılara verilir ve şunları kapsar:

- Boru hattı sistemlerinin dizaynının sertifikalandırılması,
- Boru hattı sistemi bileşenlerinin sertifikalandırılması,
- F.2’de belirtilen Emniyetli İşletim Sertifikasının düzenlenmesi amacıyla, montajdan hemen sonra boru hattı sistemlerinin yeniden sertifikalandırılması,
- F.2’de belirtilen Emniyetli İşletim Sertifikasının geçerliliğinin sağlanması veya uzatılması için boru hattı sistemlerinin işletimi ve bakımı sırasındaki hizmetler,
- Boru hattı sistemlerinin hizmet dışına alınması ile ilgili hizmetler.

2. **TL**, madde 1’de belirtilen hizmetlerin yerine getirilmesi amacıyla sürveyler ve denetimler yapacaktır. Bu sürveyler ve denetimler, asgari olarak, şunları içerir:

- Kalite güvencesi istekleri dahil, boru hattı sisteminin dizaynında esas alınan tüm dokümanların incelenmesi,
- Boru hattı sisteminin sabit bir parçasını oluşturan malzemelerin ve bileşenlerin üretim sırasındaki muayene ve denetimler,
- Boru hattının yapımı ve montajı sırasındaki sürveyler,

- Boru hattı sisteminin hidrostatik testleri ve devreye alınması sırasındaki sürveyler,
- Bölüm 11’de belirtilen şekilde, boru hattı sisteminin periyodik sürveyleri sırasındaki denetimler,
- Onarım işleri sırasındaki sürveyler,
- TL gözetimi altında üretilmeyen boru hattı sistemlerin, kurallara uygunluğu ve sertifikalandırılması ile ilgili değerlendirmeler,
- Hizmet dışına alma sırasındaki sürveyler.

Müşteri veya mal sahibi / işletici; muayene ve sürveylerin yapılması amacıyla, TL sürveyörlerinin tüm iş alanlarına serbestçe girişine izin verecektir.

3. Öngörülen hizmet için eşdeğer ve uygun olduğu değerlendirilen dizaynlar da TL tarafından onaylanabilir.

4. TL, diğer tanınmış kuruluşların sürveylerini ve/veya sertifikalarını kabul edebilir.

D. İlgili Diğer Kurallar

1. Bir açık deniz tesisinin ayrılmaz bir parçası olan veya böyle bir tesise bağlı bulunan boru hatları için aşağıdaki TL Kuralları da uygulanabilir:

- TL Açık Deniz Tesisleri Kuralları

2. Bölgesel sınırlar içinde, yetkili ulusal otoritelerin istekleri, buradaki kurallara göre öncelik taşıyabilir. Bu isteklerin yanı sıra, buradaki kurallardaki minimum isteklere tam olarak uyulmalıdır.

E. Dokümantasyon

1. İşlerin yapılması ve C.1’de belirtilen hizmetlerin yerine getirilmesi için TL tarafından gerekli görülen tüm dokümanlar, onay için, yeteri kadar önceden TL’na verilecektir.

2. Boru hattı sistemi malzeme ve bileşenlerinin üretimi ve kalite kontrolü ile ilgili dokümanların kopyaları ve olağandışı durumlara ait kayıtlar, TL sürveyörünün kolay kullanımı bakımından, mal sahibi, işletici veya temsilcisi tarafından üretim yerinde hazır bulundurulacaktır.

F. Sertifikalandırma

1. TL, hizmetlerin ayrılabilir kısımlarını, kurallara uygunluk bakımından sertifikalandırılabilir. Ayrılabilir kısımlara örnek olarak; boru hattı sistemi veya bunun kısımlarının dizaynı, boru hattı bileşenleri ve donanımının üretimi, ve sürveyler verilebilir.

2. Emniyetli İşletim Sertifikası

2.1 Gerekli tüm dokümanların onayını, sürveylerin ve gerekli testlerin başarılı olarak tamamlanmasını takiben, TL, işlerin kural gereklerini sağladığını belgelendirmek üzere, Emniyetli İşletim Sertifikasını düzenleyecektir.

2.2 Emniyetli İşletim Sertifikası, düzenlenme tarihinden itibaren 5 yıllık bir süre için geçerlidir. Emniyetli işletim sertifikasının geçerliliği, Bölüm 11’de belirtilen periyodik muayenenin ve boru hattı sisteminin iyileştirici işlerinin, bakımının veya onarımlarının TL tarafından izlenmesi ve onayına bağlıdır.

TL tarafından sertifikalandırılan ve TL’nun emniyetli işletim sertifikası düzenlenen boru hattı sisteminin mal sahibi ve/veya işleticisi, emniyetli işletim sertifikasının geçerliliğinin uzatılması için TL’na başvurulabilir.

Mal sahibi ve/veya işletici, TL gözetimi altında üretilmemiş olan bir boru hattının (yeniden) sertifikalandırılmasını isteyebilir. Bu durumda, TL, boru hattı sistemlerinin kuralların tüm isteklerine uygun olduğunu ve mal sahibi / işleticinin buradaki kurallara uygunluk ile ilgili tüm değişimleri yapmış olduğunu belirlerse, Emniyetli İşletim Sertifikasını düzenleyecektir.

BÖLÜM 2

KALİTE GÜVENCESİ VE MUAYENELER

Sayfa

A.	Genel	2- 1
B.	Kalite Güvencesi ve Kalite Kontrolü	2- 1
C.	Denetimler ve Muayeneler	2-

A. Genel

İlk ön muayene veya ön üretim toplantısı tarihinden geç olmamak üzere, TL ile müşterisi arasında ilgili organizasyonları içinde, açıkça belirlenmiş sorumluluk alanlarını ve işlerin yapılması ile ilgili tüm taraflar arasındaki raporlama ve iletişimi tanımlayan bir anlaşmaya varılacaktır.

B. Kalite Güvencesi ve Kalite Kontrolü

1. Kalite Yönetim Sistemi

İşleri veya işlerin bir kısmını yapan her yüklenicinin ISO 9000 veya eşdeğeri bir standardın isteklerine göre bir kalite yönetimi sistemine sahip olması zorunludur.

2. Objektif Kanıtlar

TL, yüklenicinin, C.1'de belirtilen bir kalite yönetimi sistemini uyguladığının objektif kanıtı olarak, bir üçüncü taraf kuruluşu tarafından düzenlenen sertifikayı kabul edebilir. Ancak TL, ilgili tüm dokümanları doğrulama ve sözleşme isteklerine uygunluğun belirlenmesi ile ilgili denetim ve muayeneleri yapma hakkına sahiptir.

Eğer yüklenicinin kalite yönetim sistemini uyguladığına dair bir kanıt yoksa, TL, ilgili tüm dokümanları kontrol ederek ve kendi denetim ve muayenelerini yaparak yüklenicinin yeterliliğini değerlendirecektir.

Yüklenici, TL'nun değerlendirmesini kolaylaştırmak üzere gerekli tüm yardımları yapacak ve C.1'deki istekleri sağlamak için TL'nun tüm isteklerini uygulayacaktır.

3. Sözleşme ile İlgili Faaliyetler

Yüklenici, kalite yönetimi sistemi ile ilgili isteklere uyacak ve belirtilen dokümanların güncel olarak muhafazasını sağlayacaktır.

C. Denetimler ve Muayeneler

1. Denetimler

TL, sözleşmede ve/veya kalite planında belirtilen ya da TL tarafından gerekli bulunan şekilde, yüklenicinin kalite yönetim sisteminden bağımsız ve nesnel olarak, gerekli denetimleri yapacaktır. Yüklenici, gerekli dokümanları zamanında TL'na verecek ve TL'nun bu denetimleri yapılabilmesi için gerekli tüm yardımları sağlayacaktır.

2. Muayeneler

TL, sözleşmede ve/veya kalite planında belirtilen ya da TL tarafından gerekli bulunan şekilde, yüklenicinin kalite yönetim sisteminden bağımsız ve nesnel olarak, boru hattı sisteminin sabit bir parçasını oluşturan malzemelerin ve bileşenlerin muayenesini yapacaktır. Yüklenici, gerekli tüm spesifikasyonları, proses ve yöntemleri açıklayan dokümanları ve prosedürleri zamanında TL'na verecek ve TL'nun bu muayeneleri yapabilmesi için gerekli tüm yardımları sağlayacaktır.

3. Denetim ve Muayenelerin Sertifikalandırılması

Denetim ve muayenelerin başarılı olarak tamamlanması durumunda TL, sözleşmeye uygunluğun kanıtı olarak, yapmış olduğu denetim ve muayeneler için gerekli raporları ve/veya sertifikaları düzenleyecektir.

BÖLÜM 3

ORTAM KOŞULLARI

Sayfa

A.	Genel	3- 1
B.	Boru Hattı Güzergahı	3- 1
C.	Ortam Parametreleri	3-
D.	Ortam Dizayn Parametrelerinin Belirlenmesi	3-

A. Genel

1. Bu bölümde, bir boru hattı sisteminin dizayn analizinde kullanılan ortam parametreleri belirtilmiştir. Belirtilen parametreleri, açık deniz ve yakın sahil alanları için ortak olup, tipik dizayn analizlerine uygulanır.

2. Dizayn analizinde olağandışı parametreler de kullanılacaktır. Olağandışı parametreler; deniz yatağı boyunca aşırı derecede kuvvetli akıntılar, anormal derecede zayıf zemin, hareketli ve kum dalgaları, kayalık alanlar, buz dağı izleri, mercan çıkıntıları, boru hattı koridorundaki kabartı ve oyuklar gibi belirli bir alan için tipik olan deniz yatağı özelliklerini içerebilir. Özellikle yoğun deniz aktiviteleri, askeri tatbikatlar ve sürüklenen buz dağları gibi diğer özel durumlar da dikkate alınacaktır.

B. Boru Hattı Güzergahı

1. Planlanan boru hattı güzergahı ile ilgili olarak yeterli ve güncel bilgiler bulunmadıkça, öngörülen boru hattı güzergahı, ilgili boru hattının emniyetli bir şekilde montajı ve çalışması için uygunluğun incelenmesi ile ilgili bilgi ve verilerin elde edilmesine yönelik olarak sörveye tabi tutulacaktır. Sörveyler, merkezinde planlanan boru hattı güzergahının yer aldığı bir koridoru kapsamalıdır. Koridorun genişliği, ilave bir sörveye gerek duyulmaksızın, öngörülmeleyen koşullar nedeniyle, boru hattının montajı sırasında planlanan güzergahtan olası küçük sapmaları içerebilecek şekilde olmalıdır. Sığ su alanlarında, herhangi bir demir formunu içerecek şekilde bir koridor seçimi faydalı olabilir. Koridor, eşit

aralıklarla yer alan yeterli sayıda boyuna ve enine hatlar boyunca sörveye tabi tutulmalıdır. Güzergah sörveyi, sörvey verilerinin montaj başladığı sırada geçerliliğini koruması açısından, planlanan boru hattı montajına yakın bir zamanda yapılmalıdır.

Güzergah sörveyine 2 ve 3'de belirtilen inceleme yöntemleri dahil edilecektir. Zemin (altı) özellikleriyle ilgili bilgiler ve veriler, gerek zemin üzerinde gerekse zeminin altına gömülü boru hatlarının montajı ve işletimi son derecede önemli kabul edilecektir.

Ortam koşullarının etkileri, olumsuz zemin durumları, gemi trafiği, balıkçılık ile mevcut ve olası denizcilik faaliyetleri ve deniz yatağı engelleri dahil, planlanan boru hattı güzergahının özellikleri ile ilgili olarak boru hattının hasarlanma riski olasılığı dikkate alınacaktır. Eğer mümkünse, olumsuz koşulların bulunduğu güzergahlardan kaçınılmalıdır. Boru hattının hasarlanmasının olası nedenleri ve etkileri, planlanan boru hattı güzergahına uygulanan Ortam Etkileri Değerlendirmesi'nin bir parçası olarak, ayrıntılı şekilde incelenmeli ve raporlanmalıdır.

2. Planlanan boru hattı güzergahının sörveyi, sörvey hatları boyunca su derinliklerinin ve sörvey hatlarının her iki tarafında yer alan engeller veya yabancı maddeler ya da malzemelerin ölçülmesi suretiyle, deniz yatağı batimetrisini (topografi) içerecektir. Gerekirse, güzergaha boyunca bilgilerin hassas ve eksiksiz olmasını sağlamak üzere, sörvey hatları boyunca ve bu hatların dışında daha ayrıntılı incelemeler yapılacaktır.

3. Madde 2'de belirtilen isteklere ilave olarak,

planlanan boru hattının sörveyi, asgari olarak, deniz yatağının yapısıyla uyumlu frekanslarda akustik titreşimler yayabilen donanım kullanılarak, deniz yatağının dibinin altının özelliklerinin incelenmesini de içerecektir. Dip altının profil incelemesi sonuçları, zemin örnekleri alınarak doğrulanacaktır. Zemin örnekleri, tanınmış standartlara göre uzman bir laboratuarda analiz edilecektir. Gerekirse, güzergah boyunca bilgilerin hassas ve eksiksiz olmasını sağlamak üzere, sörvey hatları boyunca ve bu hatların dışında daha ayrıntılı incelemeler yapılacaktır.

4. Güzergah sörveyi sonuçları; boru hattının öngörülen konumunu, deniz yatağı özelliklerini ve planlanan boru hattı güzergahı civarındaki mevcut veya planlanan tesisleri gösteren bir güzergah haritasında sunulacaktır. Bu güzergah haritası plan profili formunda da sunulabilir.

C. Ortam Parametreleri

1. Boru hattının dizaynı sırasında, boru hattı güzergahında etkili olan ortam koşullarına dikkat edilecektir. Su hattı altında ve üzerinde boru hattı sistemlerine etki eden bu koşullar; zemin özelliklerini, çökme ve sismik faaliyetleri, okyanus dalga ve akıntıları, tuzluluğu, deniz suyunun öz direncini ve pH değerini, rüzgarı, yağış ve buz oluşumunu, deniz ve hava sıcaklıklarını, hidrostatik basıncı ve deniz canlılarını içerir. Bu parametrelerle ilgili olarak boru hattı sistemine etki eden yükler, Bölüm 4'de belirtilen şekilde belirlenecektir.

2. Boru güzergahında etkili olan ortam koşullarını temsil etmek üzere dizayn analizinde kullanılan parametreler, esas olarak uzun süreli istatistiklerde elde edilmelidir. Eğer bu değerler mevcut değilse veya yetersiz ise, D'de belirtilen hesap yöntemleri kullanılabilir.

3. Rüzgar, dalgalar ve akıntılardan kaynaklanan ortam yükleri şiddet ve doğrultu olarak, birlikte oluşma olasılığı esasına göre hesaplanacaktır. Bu kuvvetler, boru hattına dik ve paralel doğrultuda etki eden bileşenler halinde çözümlenebilir. Boru hattı sisteminde en olumsuz yüklere neden olan bileşenlerin kombinasyonu dizaynda esas alınacaktır.

Akıntılar ve rüzgar nedeniyle düşey boru hattında oluşan yüklerin hesabında, bitişik yapısal elemanların ve diğer düşey boruların etkileri dikkate alınacaktır.

Sığ sularda ve yakın sahil alanlarında, dalga kırılması ve sığlaşma nedeniyle yöndeki değişimlere dikkat edilecektir.

Dizayn rüzgar, dalga akıntı yönlerinin belirlenmesinde verilerin yetersiz olduğu hallerde, ilgili kuvvetlerin boru hattına dik yönde etki ettiği kabul edilecektir.

D. Ortam Dizayn Parametrelerinin Belirlenmesi

1. Genel

C'de özetlenen ortam parametreleri, boru hattı sistemlerine etki eden yüklerin hesaplanabilmesi bakımından nümerik değerler olarak ifade edilmelidir. Bu yüklerin hesaplama yöntemleri Bölüm 4'de verilmiştir. Bu alt bölümde, boru hatlarının dizaynında kullanılmak üzere C'de özetlenen ortam parametreleri için nümerik değerlerin belirlenmesi ile ilgili olarak önerilen yöntemler yer almaktadır. Bu yöntemler, verilerin mevcut olmadığı veya yetersiz olduğu durumlar için de kullanılır. Kural olarak, nümerik dizayn değerlerinin belirlenme yöntemi, eğer veriler mevcut değilse veya yetersizse, ılımlı tarafa doğru yönelmelidir.

Boru hattı sisteminin dizaynında dikkate alınacak yükler belirlenmişse, Bölüm 4, A.2'ye bakılmalıdır.

2. Rüzgar

2.1 Devamlı rüzgar hızı (u_s), N=100 yıllık bir zaman sürecinde öngörülen, 10 dakikalık en büyük ortalama rüzgar hızı olarak tanımlanır.

Anlık rüzgar hızı (u_g), N=100 yıllık bir zaman sürecinde öngörülen, 3 saniyelik en büyük ortalama rüzgar hızı olarak tanımlanır.

2.2 Devamlı rüzgar hızı, n yıllık bir zaman sürecinde sakin su düzeyinden $z=10$ m. yükseklikte gözlemlenen 60 dakikalık en büyük ortalama rüzgar hızları $U_{n60maks} (Z_{10})$ 'dan aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

$$u_s(z_{10}) = u_{n60maks}(z_{10}) \cdot \left[0,963 + \ln(1,095(N/n)^{0,0989}) \right] \quad (3.1)$$

Burada N=100 yıl'dır ln doğal logaritmayı ifade eder.
 $u_{n60maks}(z_{10})$ gözlem süresi n=1 yıl'dan kısa olmamalıdır.

2.3 Ani rüzgar hızı, n yıllık bir zaman sürecinde, sakın su düzeyinden z=10 m. yükseklikte gözlemlenen 60 dakikalık en büyük ortalama rüzgar hızları $u_{n60maks}(z_{10})$ 'dan aşağıdaki şekilde elde edilebilir.

$$u_g(z_{10}) = u_{n60maks}(z_{10}) \cdot \left[0,963 + \ln(1,501 \cdot (N/n)^{0,0989}) \right] \quad (3.2)$$

Burada N=100 yıl'dır. $u_{n60maks}(z_{10})$ gözlem süresi n=1 yıl'dan kısa olmamalıdır.

2.4 Eğer 2.2 ve 2.3'den devamlı rüzgar hızı veya ani rüzgar hızını belirlemek için gerek duyulan $u_{n60maks}(z_{10})$ 'un gözlemi mevcut değilse veya yetersizse, n=1 için $u_{n60maks}(z_{10})$, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

Korumalı deniz koşulları için:

$$u_{n60maks}(z_{10}) = 27 \text{ m/sn.}$$

Açık deniz koşulları için:

$$u_{n60maks}(z_{10}) = 30 \text{ m/sn.}$$

Ağır deniz koşulları için:

$$u_{n60maks}(z_{10}) = 35 \text{ m/sn.}$$

2.5 N=n için, yani dikkate alınan dizayn periyodu gözlem periyodu ile eşitse, 2.2 ve 2.3'de verilen formüller aşağıdaki şekilde azaltılabilir:

$$u_s(z_{10}) = 1,054 \cdot u_{n60maks}(z_{10}) \quad (3.3)$$

$$u_g(z_{10}) = 1,37 \cdot u_{n60maks}(z_{10}) \quad (3.4)$$

2.6 Deniz yüzeyinden itibaren 10 m.'den farklı z yükseklikleri için, u_s veya u_g , aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

$$u(z) = \left(\frac{z}{z_{10}} \right)^{1/8} \cdot u(z_{10}) \quad (3.5)$$

Burada $z_{10} = 10 \text{ m.}$ 'dir.

3. Okyanus Akıntıları

3.1 Gel-git veya termo-tuzluluk akıntıları gibi, yüzey altı akıntılarının u_{ss} hızında, en az bir tam ay çevrimindeki (bir takvim ay'ı) bir sürede uzman bir kuruluş tarafından ölçülen değerler esas alınacaktır. u_{ss} 'yi kullanarak, düşey akıntı hızı profili, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$u_{ss}(\zeta) = u_{ss0} \left[(d_w - \zeta) / d_w \right]^{1/7} \quad (3.7)$$

Burada, u_{ss0} deniz yüzeyindeki akıntı hızı, ζ su düzeyinden ($\zeta = 0$) başlayan ve deniz dibine doğru uzanan düşey koordinat ve d_w su derinliğidir.

3.2 Rüzgar kaynaklı yüzeye yakın akıntı hızları aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$u_{ns}(\zeta) = 0,01 \cdot u_s(z_{10}) \cdot \left(1 - \frac{\zeta}{\zeta_{15}} \right) \quad (3.7)$$

Burada $\zeta_{15} = 15 \text{ m}$ ve $u_{ns=0}$ ($\zeta \geq \zeta_{15}$ için)

3.3 Dalga kırılma bölgesindeki, dalga kaynaklı kıyıya yakın akıntı hızları u_{wns} , kıyı hattına paralel doğrultuda etki eder ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$u_{wns} = 2s_b \cdot \sqrt{g \cdot H_b} \quad (3.8)$$

Burada, g gravite sabiti, s_b kıyı meyili ve H_b kırılan dalga yüksekliğidir. H_b aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$H_b = \frac{b}{\frac{1}{d_b} + \frac{a}{g \cdot T_b^2}} \quad (3.9)$$

Burada $s=44 (1-\exp(-19 \cdot s_b))$

$$b = \frac{1,6}{1 + \exp(-19 \cdot s_b)} \text{ 'dir.}$$

T_b ; derin su dalga periyoduna eşit olan kırılan dalga periyodu (dalga boyu su derinliği ile değişir) ve d_b karşılık gelen su derinliğidir. Çok küçük kıyı meyilleri için

$$H_b = 0,8 \cdot d_b \text{ ve } u_{wns} = 0 \text{ alınır.}$$

4. Okyanus Dalgaları

Okyanus dalgaları, uzun süreli gözlemlerin esas alındığı, doğal deniz durumu parametreleri veya eşdeğer dizayn dalga parametreleri ile ilgili olarak ifade edilebilir.

4.1 Doğal deniz durumu parametreleri; durağan deniz yüzeyi yüksekliklerinde ölçülen en yüksek 1/3 dalga yüksekliğinin ortalaması olarak tanımlanan H_s etkin dalga yüksekliği ve aynı zamanda ölçülen, birbirini takip eden dalga tepeleri arasındaki ortalama süre olarak tanımlanan T_c karakteristik dalga periyodu ile ifade edilebilir. Frekans bölgesindeki dizayn dalga spektrumu, derin su dalgaları için, bu parametreler kullanılarak, aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$S_{zz}(\omega) = 5,57\pi^3 \cdot \frac{H_s^2}{T_c^4} \cdot \frac{1}{\omega^5} \cdot \exp\left(-22,28 \cdot \frac{\pi^3}{T_c^4} \cdot \frac{1}{\omega^4}\right) \quad (3.10)$$

Burada, $\omega = 2\pi / T$ 'dir.

Ara su derinlikleri için, yani

$$0,0025 < \frac{d_w}{gT^2} < 0,08 \text{ için, spektrum aşağıdaki şekilde değiştirilecektir:}$$

$$S_{zz}(\omega) = 5,32\pi^3 \cdot \frac{H_s^2}{T_c^4} \cdot \frac{1}{\omega^5} \cdot \exp\left(-32,29 \cdot \frac{\pi^3}{T_c^4} \cdot \frac{1}{\omega^4}\right) \gamma_p \quad (3.11)$$

Burada,

$$\gamma = 3,3$$

$$p = \exp\left[-\frac{(\omega \cdot T_c/5,32 - 1)^2}{2b_2}\right]$$

$$b = 0,07 \quad \omega < 5,32 / T_c \text{ için}$$

$$b = 0,09 \quad \omega < 5,32 / T_c \text{ için}$$

4.2 Eşdeğer dizayn dalga parametreleri; boru hattı üzerindeki kabul edilen etkisi, doğal deniz durumunun, karşılık gelen etkisine eşdeğer olacak şekilde, doğal deniz durumunu değiştirmede kullanılan, tekil dizayn dalgasının veya düzenli bir dalga silsilesinin H_d dalga yüksekliği ve T_d dalga periyodudur. Bu parametreler, ölçülen H_s ve T_c değerlerinin bulunmadığı hallerde kullanılabilir.

Tam gelişmiş deniz durumu için, tekil bir dalganın eşdeğer dizayn dalga parametreleri şu şekilde ifade edilebilir:

$$T_d = 11,12 \cdot \sqrt{H_s/g}$$

$$H_d = \sqrt{0,5 \cdot \ln\left(\frac{T_1}{T}\right)} \cdot H_s \quad (3.13)$$

Burada;

$$T_1 = 3600 \text{ sn'dir.}$$

4.3 Dalgalar nedeniyle oluşan dizayn hızları u_w ve dizayn ivmeleri a_w , dalga yüksekliği H , dalga periyodu T ve su derinliği d_w 'nin fonksiyonudur. Ek C, Şekil C.4'de, dalga yüksekliği, dalga periyodu ve su derinliği arasındaki bağıntının esas alındığı dalga teorilerini göstermektedir. Bu şekilde bilgiler esas alınarak; boru hattının hidrodinamik dizaynında kullanılmak üzere, dizayn hızı ve ivmesinin tanımlanması için ilgili dalga teorisi seçilecektir.

4.4 Eğer dalga yönü ile ilgili bilgiler mevcut değilse, bu; dalga zerrecik hızları ve ivmelerinin kombine etkisi nedeniyle en olumsuz etki oluşacak şekilde belirlenecektir.

4.5 Dalgalar ve akıntılar arasındaki etkileşimin etkisi ilgili zerrecik hızlarının vektörel olarak eklenmesi suretiyle dikkate alınabilir.

5. Deniz Düzeyi

5.1 Boru hattının dizaynında kullanılacak en yüksek sakin su düzeyi, en yüksek astronomik gel-git sırasında ölçülen su değinliği d_w ile tanımlanır.

5.2 Boru hattının dizaynında kullanılacak en düşük sakin su düzeyi, en düşük astranomik gel-git sırasında ölçülen su derinliği d_w – fırtına kabarması nedeniyle su düzeyinde azalma ile tanımlanır.

En düşük su düzeyi; olası dip stabilitesi değerlendirmeleri ve manevra yapan gemilerin omurga altı boşlukları bakımından, çok sığ su derinliklerinde yer alan boru hatlarında önemlidir.

6. Deniz Buzu

Gerekirse; sıcaklık değişimlerinin etkileri, buz oluşumunun ilave ağırlığı ve sürüklenen ya da düşen buzların olası darbeleri dahil boru hattı sistemi üzerindeki buz oluşumunun ve boru hattı civarındaki buz sürüklenmelerinin etkileri dikkate alınacaktır.

Deniz yatağı boyunca buz dağlarının sürüklendiği alanlarda, boru hatları, bu tür buz dağlarının darbelerinden korunacak şekilde, yeterli bir değinliğe gömülecektir.

7. Hava ve Deniz Sıcaklığı

Çevredeki deniz ve hava sıcaklıklarındaki olası aşırı ve/veya ani değişimlerin etkileri dikkate alınacaktır.

8. Deniz Canlıları

Deniz canlılarının, boru hattının hidrodinamik stabilitesi üzerindeki etkilerine dikkat edilecektir.

9. Korrozyon

Ortamdaki deniz suyunun sıcaklığının, tuzluluğunun, öz direncinin, oksijen oranının ve pH değerinin, boru hattı sisteminin korozyondan koruma sistemi üzerindeki etkilerine dikkat edilecektir.

10. Zemin

Zemin özellikleri ve koşullarının etkileri ve boru/zemin etkileşimi, Bölüm 5, I'ya göre belirlenecektir.

BÖLÜM 4**YÜKLER, DİZAYN KOŞULLARI****Sayfa**

A.	Genel	4- 1
B.	İşletim Yükleri ve Sabit Yükler.....	4- 1
C.	Ortam Yükleri	4-
D.	Yer Değişimleri.....	4-
E.	Montaj Yükleri	4-
F.	Olağandışı Yükler	4-
G.	Dizayn Yük Durumları	4-
H.	Yükler için Emniyet Faktörleri	4-
I.	Yorulma Yükleri.....	4-

A. Genel**1. Dizayn Esasları**

Bölüm 1, B.3'deki isteklerin karşılanması amacıyla boru hattı sistemleri, aşağıda belirtilen çeşitli emniyet faktörleri uygulanmak suretiyle, B'de belirtilen yüklerden kaynaklanan gerilme ve uzamalara karşı koyacak şekilde dizayn edilecektir.

Temel dizayn prensibi; analizler yardımıyla, boru hattının, herhangi bir anda etki eden yüklerin en olumsuz kombinasyonuna maruz kaldığında, tüm dizayn ömrü boyunca bütünlüğünü koruduğunun gösterilebilmesidir.

Bu bölümde, dizayn yükleme koşulları ve analizlerde uygulanacak nümerik değerlerin hesaplanma yöntemleri verilmektedir. Hesaplama yöntemleri Ek C'de verilmiştir. Kuralların izin verdiği sınırların aşılmadığının kanıtlanması için hesaplanan dizayn değerlerinin inceleneceği kriterler, Bölüm 5'de verilmiştir.

2. Emniyet Faktörleri

Dizayn analizlerinde kullanılan nümerik değerlerle ilgili belirsizliklerin kompanse edilmesi için emniyet faktörleri kullanılır. Bölüm 1, A.3'de verildiği gibi, kurallar; global emniyet faktörlerinin esas alındığı dizayn analizlerinin (deterministik analizler) veya kısmi emniyet faktörlerinin

esas alındığı dizayn analizlerinin (sınır durum analizleri) yapılmasına izin verir.

Global emniyet faktörlerinin nümerik değerleri, en az, ISO 13623'de belirtilenlere eşit olacak, kısmi emniyet faktörlerinin esas alındığı boru hattı sistemlerinin dizaynı, asgari olarak burada belirtilen istekleri sağlayacaktır (G'ye bakınız).

3. Yük Durumları

Dizayn analizinde, aşağıdaki yük tipleri dikkate alınacaktır:

- İşletim yükleri ve sabit yükler

İşletim yükleri ve sabit yükler; hareketsiz ağırlıklar, hidrostatik basınç, boru / zemin etkileşimi, deniz yatağı çökmeleri ve kum dalgaları gibi sabit yükler ve iç basınç ve sıcaklık farkından ve akış koşullarından oluşanlar gibi operasyonel yükler dahil, boru hattı sisteminin varlığı ve kullanımı nedeniyle karşılaşılan tüm yükleri içerir.

- Ortam yükleri

Ortam yükleri; Bölüm 3'de belirtilen ortam koşullarından kaynaklanan tüm yükleri içerir.

- Montaj yükleri

Montaj yükleri; elleçleme, yapım, montaj, gömme ve testler sırasında oluşan tüm yükleri içerir (sahadaki onarım sırasında boru hattının yer değişimi nedeniyle oluşan yükler, incelenen durum için ayrıca belirlenecektir).

- Olağandışı yükler

Olağandışı yükler; mekanik darbeler ve sismik hareketlerden oluşan darbeler dahil, insan faaliyetleri ve doğal olaylar nedeniyle oluşan ve yukarıda belirtilenlerin dışındaki tüm yükleri içerir.

Dizayn analizinde; yukarıda belirtilen yükler, ilgili emniyet faktörleri kullanılarak ve birlikte oluşma durumu dikkate alınıp kombine edilerek, aşağıdaki koşullar için hesaplanacaktır:

- montaj
- test
- işletim
- kaza

Dizaynda; boru hattı sistemine en olumsuz etkiyi oluşturacak yük kombinasyonları esas alınacaktır.

B. İşletim Yükleri ve Sabit Yükler

1. Basınç Nedeniyle Oluşan Yükler

1.1 Boru hattı sisteminin P_1 dizayn basıncı; akış işleminden veya kapama ya da doldurma koşullarından kaynaklanan, dizayn ömrü boyunca boru hattı sisteminin maruz kalacağı en yüksek iç basınç olarak tanımlanır. Boru hattı sistemleri (uzun mesafeli); seksiyonları aşırı basınca karşı, en küçük dizayn direnci ile koruyan tam fazlalıklı arıza-emniyetli bir sistemle donatılması koşuluyla, basınç profiline karşılık gelen değişik P_1 değerlerine sahip seksiyonlara bölünebilir.

Dizayn analizinde, boru hattı sistemine etki eden hidrostatik basıncın neden olduğu P_E dış basıncı, boru hattı içindeki akışkanın neden olduğu P_1 iç dizayn basıncından çıkarılabilir.

1.2 Kararlı, tabakalaşmamış akış durumlarında, izin verilen maksimum çalışma basıncı ($İMÇB$), P_1 iç basıncı geçmeyecektir. Geçici akış durumlarında, sıklık ve süre ile sınırlandırılması koşuluyla, $İMÇB$ 'nin %10'a kadar aşılmasına izin verilir.

Test basınçları ile ilgili istekler için Bölüm 10, 1.5'e bakınız.

1.3 Dizayn analizinde, su düzeyindeki değişimlerden kaynaklanan hidrostatik basınç nedeniyle oluşan basınç dalgalanmaları dikkate alınacaktır.

2. Sıcaklık Nedeniyle Oluşan Yükler

2.1 Dizayn analizinde; boru hattının dizayn ömrü boyunca, boşaltma, durdurma ve doldurma durumları dahil normal çalışmadan kaynaklanan ve güneş ışınımı dahil ortama maruz kalmadan oluşan tüm sıcaklık aralıkları esas alınacaktır.

2.2 Dizayn analizinde; ısı genleşme ve büzülme nedeniyle oluşan yüklerin hesabı dahil edilecektir. Tesis sıcaklığına göre maksimum sıcaklık farkı, çeşitli dizayn ve sistem koşulları için incelenecektir.

Yüzey ile deniz tabanı arasındaki olası deniz suyu sıcaklığı farklılıkları, bu farkın büyük olması halinde dikkate alınacaktır.

2.3 Önemli boyutta olduğu takdirde, boru hattı sisteminin cidarından ve kaplamasından oluşan ısı kaybı dikkate alınacaktır.

2.4 Gereken hallerde, Joule-Thomson etkisi nedeniyle gaz boru hatlarının ortam sıcaklığı altına soğutulması dikkate alınacaktır.

3. Ağırlık Nedeniyle Oluşan Yükler

3.1 Dizayn analizinde; boru hattı sisteminin kendi aralığı nedeniyle oluşan yüklerin hesabı dahil edilecektir. Bu ağırlıklar şunları içerir:

- Çelik, kaplama, beton, iç akışkan ağırlığı,
- Eklenti ve bağlantıların ağırlığı (valfler, tutyalar, vb),

- Dış basınç olarak dikkate alınmıyorsa sephiye (deniz suyunun deplasmanı).

3.2 Gerekirse, buz, kar ve deniz canlılarının ilave ağırlık yükleri dikkate alınacaktır.

3.3 Beton tarafından emilen deniz suyunun ağırlığı da dikkate alınabilir.

3.4 Dizayn analizinde, boru hattı üzerindeki zemin ağırlığı da dikkate alınacaktır.

4. Diğer İşletim Yükleri

Dizayn analizinde; boru hattı sisteminin dizayn ömrü boyunca maruz kalabileceği, yukarıda belirtilenlerin dışındaki işletme yüklerinin hesabı da dahil edilecektir.

Analizde, boru hattını bu yüklerle karşı koruma veya etkilerini azaltma önlemleri dikkate alınacaktır.

C. Ortam Yükleri

1. Genel

Dizayn analizinde; Bölüm 3'de belirtilen ortam koşullarından kaynaklanan yüklerin hesabı dahil edilecektir. Ortam yükleri, Bölüm 3'deki isteklere göre aşağıda belirtilen tarzda hesaplanacaktır.

Analizde ortam koşullarındaki olası değişimlerin dahil edilmesini sağlamak üzere, ortam yükleri, boru hattı güzergahı boyunca yeterli sayıdaki yerde hesaplanacaktır. Bu değişimlere; su derinliğindeki değişimler, dalga özelliklerindeki değişimler (yükseklik ve periyot, yön), akıntılardaki ve rüzgar hızı ile doğrultusundaki değişimler ve zemin özelliklerindeki değişimler dahildir.

2. Rüzgar Yükleri

Rüzgar nedeniyle oluşan yükler; istatistiksel veriler (rüzgar gülü) veya ılımlı tahminler esas alınarak hesaplanacaktır. Eğer hakim rüzgarların doğrultusu biliniyorsa, Bölüm 3, C.3'deki hükümlere göre uygulama yapılabilir.

Su hattı üzerinde yer alan boru hattı sistemi kısımları; üniform rüzgar hızları ve fırtınalar nedeniyle oluşan yüklere dayanacak şekilde dizayn edilecektir. Rüzgar nedeniyle oluşan yüklerin hesabında, boru hattı sisteminin civarındaki donanımın etkileri dikkate alınacaktır.

2.1 Sakin su düzeyinden z yüksekliğindeki düşey boru kısmına etki eden $q_v(z)$ rüzgar basıncı, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$q_{v(z)} = \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot u_v^2(z) \quad (4.1)$$

Burada $\rho_a = 1,25 \text{ kg/m}^3$ havanın yoğunluğu ve u_v dizayn rüzgar hızıdır. Sakin su düzeyinden z yüksekliğindeki devamlı veya anlık rüzgar parametrelerini elde etmek için u_v yerine, Bölüm 3, D.2'de belirtilen u_s veya u_g kullanılabilir.

2.2 Sakin su düzeyinden z yüksekliğindeki düşey borunun veya boru hattı kısmının birim boyundaki dizayn rüzgar yükleri $F_v(z)$, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$F_{v(z)} = C_d \cdot q_{v(z)} \cdot D_t \quad (4.2)$$

Burada; D_t , su düzeyinden z yüksekliğindeki düşey borunun toplam dış çapı ve C_d ise 0,7 olarak alınabilecek olan, düşey borunun sürüklenme katsayısıdır.

2.3 Rüzgar kaynaklı titreşimler, kabul edilebilir sınırlar içinde olacaktır. Bölüm 5, G ve Ek C.5'e de bakınız. Girdap dağılıması yorulma yükleri, Bölüm 4, I.3'de verilmiştir.

3. Okyanus Akıntısı Yükleri

Okyanus akıntıları; gel-git ve rüzgar kaynaklı akıntıları, boru hattı sistemini çevreleyen deniz suyunun yoğunluğundaki farklılıklardan kaynaklanan akıntıları ve dünyanın dönüşünden kaynaklanan akıntıları içerir. Son iki tip akıntılar için uygun kabuller yapılmalıdır. Gel-git ve rüzgar kaynaklı akıntılar daha önemli olup, burada belirtilen şekilde hesaplanacaktır.

3.1 Sakin su düzeyinden ζ derinliğindeki boru

hattı sisteminin bir boyuna etki eden, Bölüm 3, D.3'de belirtilen $u_c(\zeta)$ okyanus akıntılarından kaynaklanan yükler, aşağıdaki eşitlikten elde edilebilir:

$$q_c(\zeta) = \frac{1}{2} \rho_w \cdot u_c^2(\zeta) \quad (4.3)$$

Burada; $\rho_w = 1025 \text{ kg/m}^3$ deniz suyunun yoğunluğu ve u_c dizayn akıntı hızıdır. Dizayn okyanus akıntı basıncını elde etmek için, u_c yerine Bölüm 3, D.3'de belirtilen u_{ss} , u_{ns} veya u_{wns} süperpoze edilmiş akıntı hızları kullanılabilir.

3.2 Sakin su düzeyi altındaki boru hattının birim boyuna gelen dizayn akıntı yükleri $F_c(\zeta)$, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$F_c(\zeta) = C_d \cdot q_c(\zeta) \cdot D_t \quad (4.4)$$

Burada; D_t sakin su düzeyinden ζ derinliğindeki düşey borunun veya boru hattının toplam dış çapı ve C_d düşey borunun veya boru hattının sürüklenme katsayısıdır. Sürüklenme katsayısı; yüzey pürüzlüğü k ve Reynolds sayısı dikkate alınarak, Ek C'de verilen eğrilerden veya model test verilerinden elde edilecektir. Buradaki Reynolds sayısı:

$$Re = u_c \cdot \frac{D_t}{\nu} \quad (4.5)$$

ν , deniz suyunun kinematik vizkozitesidir (örneğin; 15°C 'lık deniz suyu için $\nu = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sn}$ 'dir). Düzgün silindirlerde, ön dizayn için $C_d = 0,7$ ve pürüzlü silindirler için $C_d = 1,2$ kabul edilebilir.

3.3 Deniz yatağında veya yakınında akıntılar nedeniyle boru hatlarında oluşan kaldırma kuvvetleri aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$F_{c1} = C_1 \cdot q_c(\zeta) \cdot D_t \quad (4.6)$$

Kaldırma katsayısı c_1 ; yüzey pürüzlüğü k ve Reynolds sayısı dikkate alınarak, Ek C'de verilen eğrilerden veya model test verilerinden elde edilecektir.

Dip silindirlerinde, ön dizayn için $c_1 = 1,2$ alınabilir.

3.4 Düşey boruların veya boru hatlarının akıntı kaynaklı titreşimlerinden kaçınılmalı veya bu titreşimler

en aza indirilmelidir (Bölüm 5, G ve Ek C.5'e bakınız. Girdap dağılması yorulma yükleri için Bölüm 4, I.3'e bakınız).

4. Dalga Yükleri

Bölüm 3, D.4'de belirtilen eşdeğer dizayn dalga parametreleri ile ilgili yükler, aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır.

4.1 Bir "t" anında ve sakin su düzeyinden ζ derinlikte, D_t çapında boru hattı elemanının birim boyuna gelen dalga kuvveti bileşenleri $F_{wd}(\zeta, t)$ (sürüklenme kuvveti) ve $F_{wm}(\zeta, t)$ (atalet kuvveti), aşağıdaki şekilde bulunabilir:

$$F_{wd}(\zeta, t) = \frac{1}{2} \cdot \rho_w \cdot C_d \cdot u_w(\zeta, t) \cdot |u_w(\zeta, t)| \cdot D_t \quad (4.7)$$

$$F_{wm}(\zeta, t) = \pi D_t^2 \cdot \rho_w \cdot C_m \cdot a_w(\zeta, t) \quad (4.8)$$

Burada, $\rho_w = 1025 \text{ kg/m}^3$ deniz suyu yoğunluğu ve $u_w = u_w(\zeta, t)$ ve $a_w = a_{wd}(\zeta, t)$ Bölüm 3, D.4.3'de belirtilen uygulanabilen dalga teorilerinden hesaplanacak olan, sırasıyla dizayn dalga zerrecik hızı ve ivme şiddetleridir. Sürüklenme katsayısı C_d ve atalet katsayısı C_m aşağıda 4.3'de tanımlanmıştır.

$$F_w(\zeta, t) = F_{wd}(\zeta, t) + F_{wm}(\zeta, t) \quad (4.9)$$

Toplamı, belirli bir yer için, bir "t" anında, düşey boru veya boru hattı elemanının birim boyundaki toplam dalga yükünü verir.

4.2 Derin su dalgaları için, u_w (su zerrecik hızı) ve a_w (su zerrecik ivmesi)'nin maksimum değerlerinin oluşması arasında 90° 'lik faz farkı durumu için, birim boy başına F_w dalga kuvveti, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$F_w(\zeta) = [\text{maks}(F_{wd}(u_w))]^2 + [\text{maks}(F_{wm}(a_w))]^2 \quad (4.10)$$

Kırılan dalgalar nedeniyle oluşan dalgalar, incelenen kırılan dalga tipine bağlı olarak, tanınmış teoriler vasıtasıyla hesaplanacaktır.

4.3 Düşey boru veya boru hattı kısımlarına dik bir dalga akımı için C_d ve C_m sürüklenme ve atalet katsayıları, Reynolds sayısının;

$$Re = \max|u_w| \cdot \frac{D_t}{\nu}$$

(örneğin; $\nu = 1,2 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{sn}$, deniz suyunun 15°C 'daki kinematik viskozitesi), Keulegan-Carpenter sayısına;

$$KC = \max|u_w| \cdot \frac{T}{D_t} \quad \text{ve}$$

boru yüzeyinin k/D_t bağıl pürüzlüğüne bağlıdır.

C_d ve C_m 'ye etki eden diğer faktörler; silindirin şekline (yatay, düşey, eğik), dalga ve akıntı zerrecik akımlarının tipidir (tek yönlü veya yörüngesel, kararlı durum veya titreşim).

4.4 Bağıl yüzey pürüzlük değerleri k/D_t ve ilgili sınır koşulları için, KC'nin fonksiyonları olarak C_d ve C_m değerleri, Ek C'de verilen Şekil C.5 ÷ C.8'den alınabilir.

4.5 Dibe yakın bölgede boru hattı ile deniz yatağı arasındaki bağıl olarak küçük h aralığının, sürüklenme ve atalet katsayılarına etkisi aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$C_d \left(\frac{h}{D_t} \right) = C_d + (C_{db} - C_d) \cdot e^{-2,5h/D_t} \quad (4.11)$$

$$C_m \left(\frac{h}{D_t} \right) = C_m + (C_{mb} - C_m) \cdot e^{-2,5h/D_t} \quad (4.12)$$

Burada C_d ve C_m değerleri, Ek C'deki Şekil C.5 ve C.6'dan ve C_{db} ve C_{mb} değerleri, Şekilde C.7 ve C.8'den alınacaktır. $C_{db} > C_d$ ve $C_{mb} > C_m$ 'dir.

4.6 Kısmen gömülü boru hatları için, bağıl gömme derinliği δ_b 'nin C_d ve C_m üzerine etkisi, Ek C'deki Şekil C.13'den elde edilebilir.

4.7 δ_t derinliğinde ve δ_t meyilindeki açık bir çukura yerleştirilen boru hatları için C_d ve C_m değerleri, Tablo 4.1'de gösterilen şekilde düzeltilir.

Tablo 4.1 Açık çukurun C_d ve C_m değerlerine etkisi

$\frac{\delta_t}{D_t}$	0,5	1,0	1,0
s_t	5	5	3
$\frac{C_d(\delta_t, s_t)}{C_{db}}$	0,8	0,7	0,6
$\frac{C_m(\delta_t, s_t)}{C_{mb}}$	0,9	0,8	0,75

4.8 Dalgaların ve akıntıların, dip yakınında veya dip üzerindeki boru hatlarındaki, yatay birim boy başına oluşturdıkları kaldırma kuvveti F_1 aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$F_1 = \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot \rho_w \cdot u_w^2 \cdot D_t \quad (4.13)$$

u_w dalga zerreciği hızı, Bölüm 3, D.4.3'de belirtilen ilgili dalga teorisinden hesaplanacaktır. C_1 kaldırma katsayısı genelde, sürüklenme ve atalet katsayılarına uygulanan parametrelere bağlıdır.

4.9 Bağıl yüzey pürüzlük değerleri k/D_t ve ilgili sınır koşulları için, KC'nin fonksiyonları olarak C_1 değerleri Ek C'de verilen Şekilde C.9'dan alınabilir.

4.10 Boru hattı ile deniz yatağı arasındaki bağıl olarak küçük aralığın, C_1 kaldırma katsayısına etkisi, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$C_1 \left(\frac{h}{D_t} \right) = C_1 \cdot e^{-25,5h/D_t} \quad (4.14)$$

4.11 Kısmen gömülü boru hatları için, gömme derinliği δ_b 'nin C_1 üzerine etkisi, Ek C'deki Şekil C.14'den elde edilebilir.

4.12 δ_t derinliğinde ve s_t meyilindeki açık bir kanala yerleştirilen boru hatları için C_1 değerleri, Tablo 4.2'de gösterilen şekilde düzeltilir.

Tablo 4.2 Açık kanalların C_1 değerlerine etkisi

$\frac{\delta_t}{D_t}$	0,5	1,0	1,0
s_t	5	5	3
$\frac{C_1(\delta_t, s_t)}{C_1}$	0,85	0,7	0,65

4.13 Yüzey pürüzlüğü k/D_t aşağıdaki gibi alınabilir:

- Boyalı çelik $k = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
- Korozyonlu çelik $k = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Beton $k = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- Deniz canlıları $k = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \div 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$

4.14 Akıntı ve dalga hızları ve ivmeleri, Ek C'de verilen Şekilde C.10 ÷ C.12'de gösterilen şekilde süperpoze edilebilir.

4.15 Akıntı hızı u_c , Bölüm 4, C.3.1'de tanımlanan, dizayn akıntı hızıdır. Dalga hızı u_w , Bölüm 4, C.4.1'de tanımlanan dizayn dalga zerrecik hızıdır. Bu nedenle, $[u_c(\zeta) + u_w(\zeta)]$ 'nin hesabı için (4.7 formülü $u_w(\zeta, t)$ 'nin hesabı için kullanılan şekilde kullanılabilir.

4.16 Deniz yatağına oturan boru hatları için (yani $\zeta = d_w - D_t/2$), C_{db} ve C_{mb} değerleri;

$\alpha = u_c / u_w$ 'nin bağılısı olarak, Şekil C.10 ve C.11'e göre azaltılabilir. $u_c(\zeta)$ ve $u_w = \max [u_w(\zeta)]$ 'dir.

4.17 Kombine akıntı ve dalga yükleri ile ilgili kaldırma kuvvetleri, u_w yerine $[u_c(\zeta) + u_w(\zeta, t)]$ kullanılarak, formül (4.13)'e göre hesaplanabilir.

4.18 Deniz yatağına oturan boru hatları için, $C_1(\alpha)$ değeri, Şekil C.12'den alınabilir.

4.19 Sığ sulardaki D_t çapındaki yatay boru hattı kısmı üzerindeki dalganın dövmüne etkileri, dinamik

yükselimli yüksek lokal dalga darbesi yüklerine ve boru hattının uyarımına neden olan azalmış titreşimlere neden olan azalmış titreşimlere neden olur. Lokal darbe yükleri, tanınmış teoriler veya deneysel yöntemlerle hesaplanacaktır. Birim boru boyu başına darbe yükleri aşağıda belirtilenden daha az alınmaz:

$$F_{s,min} = \frac{3}{2} \cdot \rho_w \cdot u_w^2 \cdot D_t \quad (4.15)$$

Burada; $\rho_w = 1025 \text{ kg/m}^3$ deniz suyunun yoğunluğu ve u_w , dalga yüzeyinin, boru yüzeyine dik, su zerrecik hızıdır.

5. Buz ve Kar Yükleri

5.1 Gereken hallerde, boru hattı sisteminin dış yüzeyinde oluşan buz veya kardan kaynaklanan yüklerin hesabı dizayn analizinde dahil edilecektir. Analizde, aşağıdaki etkiler dikkate alınacaktır:

- Buz ve kar nedeniyle eklenen ağırlıklar
- Buz tabakasının genişleme basıncı,
- Yüzen buzun darbe yükleri,
- Çap artımı nedeniyle sürüklenme kuvvetindeki artış.

5.2 Buz yükleri ile ilgili ayrıntılı bilgiler, TL Kuralları, Kısım 62, Bölüm 2, B.6 ve B.7'de verilmiştir.

6. Sismik Aktivitelerden Kaynaklanan Yükler

Gerekirse, sismik aktiviteler nedeniyle, ortamdaki zeminin düşey veya yatay hareketi ya da sıvılaşması suretiyle, boru hattının dizayn ömrü boyunca karşılaşılabileceği yüklerin incelenmesi dizayn analizine dahil edilecektir. Analizde, söz konusu bölgeye ilişkin olarak, aşağıda belirtilenler dahil istatistiksel veriler veya bunlar yoksa ılımlı veriler esas alınacaktır:

- Depremlerin oluş sıklığı ve şiddeti,
- Boru hattı sisteminin bilinen fay hatlarına yakınlığı.

Analizde, ortamdaki zemin ve boru hattı sisteminin özellikleri esas alınarak, boru hattı sistemini çevreleyen zeminin sismik aktiviteye tepki vereceği tarzında bir öngörü esas alınacaktır.

Analizde ayrıca, boru hattı sisteminin, sismik aktiviteye karşı koruma veya etkilerini azaltma ile ilgili hükümler de dahil edilecektir.

D. Yer Değişimleri

1. Boru hatlarındaki yer değişimleri ve deformasyonlar, kalıcı yükler olarak kabul edilecektir. Yer değişimleri ve deformasyonlar, aşağıdakilerin sonucunda oluşabilir:

- Platform hareketi,
- Boru hattının (lokal) sabitliğini kaybetmesi,
- Boru hattı çakışmalarındaki eğrilik,
- Montajdan sonra deformasyonlar (kıvrılma ve bükülme),
- Çıkıntılar ve düzensiz deniz yatağı nedeniyle, desteklenmeyen aralık,
- Zemin hareketi veya zemin özelliklerinde değişim.

Dizayn analizinde, kalıcı yüklerin etkilerinin azaltılması için gerekli önlemler alınacaktır.

2. Dizayn analizinde, düşey boruların kenarları gibi, ankastre olmayan nihayetlerinde boru hattı genişmesinin hesabı dahil edilecektir. Mümkünse, boru hattının uç hareketini emmek için, genişleme dirsekleri veya halkaları kullanılmalıdır. Analizlere, demirleme kuvvetlerinin hesabı da dahildir.

3. Ortam koşullarının etkisiyle oluşan yer değişimleri ve deformasyonlar, ortam yükleri olarak dikkate alınacaktır.

E. Montaj Yükleri

1. Montaj yükleri, çeşitli montaj aşamalarında oluşan tüm yükleri içerir.

Montaj yükleri, onaylı montaj prosedürlerine göre belirlenecektir. Bölüm 4, G.2 ve 5, J'ye de bakınız.

2. Düşey borular için tipik montaj yükleri şunları içerir:

- Üretim, elleçleme, taşıma,
- Kaldırma ve indirme,
- İzleme.

3. Boru hatlarındaki tipik montaj yükleri, aşağıda belirtilenler sırasında oluşan yüklerdir:

- Üretim, elleçleme, taşıma,
- Boruların yığılması, sarılması, çözülmesi,
- Montajın başlaması,
- Balast alma, yedekleme ve su ile doldurma,
- Normal (devamlı) montaj,
- Devre dışına alma ve sökme,
- Hedef alanlara yerleştirme,
- Boru hattı bağlantıları,
- Çukur kazma, yarıp geçme, çakıl döşeme ve boru hattı koruma donanımının montajı gibi montaj sonrası işler.

4. Montajdan ve hidrostatik testten sonraki artık yükler (artık çekme gibi), sabit yükler olarak kabul edilecek ve boru hattı sisteminin bütünlüğüne olumsuz etkileri olabileceği öngörülen hallerde dikkate alınacaktır.

5. Onarım sırasında karşılaşılan yükler, söz konusu özel durum için hesaplanacaktır. Bölüm 11, B'ye de bakınız.

F. Olağandışı Yükler

1. Dizayn analizine, üçüncü tarafların müdahalesi sonucunda oluşan mekanik darbelerden kaynaklanan yüklerin incelenmesi dahil edilecektir. Bu incelemelerde; düşen nesnelerin darbeleri, düşen veya sürüklenen demirler, balık avlama donanımı ve mekanik kazıcılar dahil, insanların neden olduğu kazaların oluşma olasılığı esas alınacaktır.

Balık avlama donanımının neden olduğu darbe yükleri için BS 8010'a bakınız.

G. Dizayn Yük Koşulları

1. Genel

1.1 Bu alt bölümde, boru hattı sistemlerinin sınır-durum-dizayn analizinde dikkate alınacak yük kombinasyonları verilmekte ve A.3'de tanımlanan 4 yük koşulu ile ilgili, önerilen kısmi emniyet faktörü γ_f 'yi içermektedir.

Gerektiği taktirde, diğer yük koşulları ve yük kombinasyonları da dikkate alınacaktır.

1.2 Çeşitli yüklerin hesaplanması ile ilgili belirsizlikler dikkate alınarak, her yük koşulu ve her yük kombinasyonu için belirlenen γ_f kısmi emniyet faktörünün kullanımı, dizayn analizine dahil edilecektir. Çeşitli yük koşulları için uygulanacak kısmi emniyet faktörleri Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3'de belirtilen yük koşullarının tanımları aşağıda verilmiştir.

2. Montaj Koşulu (Mon-1 ve Mon-2)

2.1 Montaj koşulu terimi; test koşulunun başlamasına kadar, üretim, yapım, taşıma, montaj ve zemine gömme işlemleri sırasında boru hattı sisteminin koşulunu ifade eder.

Eğer montaj aşamaları arasında uzun zaman aralıkları olursa, montaj koşulu bir işletim koşulu olarak kabul edilecektir.

2.2 Dizayn analizine, ilgili montaj yük koşullarına ait hesaplar dahil edilecektir:

- Yük kombinasyonu 1 (Mon-1)
Bu statik yük kombinasyonu; taşıma ağırlık, hidrostatik basınç ve temas noktalarındaki zemin tepkisi dahil, montaj sırasında karşılaşılan tüm sabit yükleri içerir.
- Yük kombinasyonu 2 (Mon-2)
Bu dinamik yük kombinasyonu; montaj aşamasında uygulanabilen ortam yükleri ile birlikte Mon-1'deki yükleri içerir.

(Ortam koşullarından kaynaklanan dinamik etkilerin ihmal için Mon-1'e uygulanan emniyet faktörlerinin Mon-2'ye uygulananlardan daha büyük olduğu dikkate alınmalıdır.

Mon-2'de kullanılacak ortam yüklerinde, montaj süresine karşılık gelen tekrar periyodu ve bu periyodun 1 ay öncesi ve sonrası esas alınmalıdır.

3. Test Koşulu (Test-1 ve Test-2)

Test koşulu terimi; basınç testlerinin (hidrostatik mukavemet ve sızdırmazlık testi) yapılması sırasında, boru hattı sisteminin koşulunu ifade eder.

3.1 Dizayn analizine, ilgili test yükü koşullarına ait hesaplar dahil edilecektir:

- Yük kombinasyonu 1 (Test-1)
Bu statik yük kombinasyonu; sistemin kendi ağırlığı, test akışkanının ağırlığı, iç ve dış basınç, sıcaklık değişimi, kalıcı momentler ve zemin tepkisi dahil, basınç testi sırasında karşılaşılan tüm sabit ve operasyonel yükleri içerir.
- Yük kombinasyonu 2 (Test-2)
Bu dinamik yük kombinasyonu; montaj aşamasında uygulanabilen ortam yükleri ile birlikte, Test-1 yük kombinasyonundaki tüm yükleri içerir.

Test-2'de kullanılacak ortam yükleri, normalde, Mon-2'de kullanılanlarla aynıdır.

4. İşletim Koşulu (İşl-1, İşl-2 ve İşl-3)

4.1 İşletim koşulu terimi; montaj ve ilk çalıştırmadan hizmet dışına almaya kadar olan süreçte, normal işletim sırasında boru hattı sisteminin koşulunu ifade eder. İşletim koşulu (emergensi) durdurma, boşaltma ve doldurmayı içerir.

4.2 Dizayn analizine, aşağıdaki nedenlerle oluşanlar dahil, tüm dizayn ömrü boyunca, boru hattı sisteminin işletiminin işletimi sırasında oluşan yüklere ait hesaplamaları içerecektir:

- Basınç,
- Sıcaklık,
- Ağırlık,
- Taşıyıcı ve bağlayıcı elemanlar,
- Genleşme ve büzüşme,
- Sabitleme,
- Soğuk eğilme,
- Boru hattının bağlandığı platformların ve diğer donanımın yer değişimi,
- Ortam koşulları,
- Boru / zemin etkileşimi.

Analizde; incelenen boru hattı ve düşey boru kısmının mesnetlerinin ve sınır koşullarının doğru bir şekilde modellenmesi esas alınacaktır.

Düşey boru analizinde, bitişik düşey boruların ve ceket elemanlarının yakınlık etkileri dikkate alınacaktır.

Sistemin testinin yapılması amacıyla, montajdan sonra boru hattının su ile doldurulması, işletim koşulunun bir parçası olarak kabul edilecektir.

4.3 Dizayn analizine, incelenen duruma uygulanabilen aşağıdaki üç farklı yük kombinasyonu ile ilgili hesaplamalar dahil edilecektir:

- Yük kombinasyonu 1 (İşl-1)
Bu statik yük kombinasyonu; normal çalışma sırasında karşılaşılan, Bölüm 4, A.2'de belirtilen tüm sabit ve işletim yüklerini içerir.

- Yük kombinasyonu 2 (İşl-2)
Bu dinamik yük kombinasyonu; uygun tekrar periyotlu ortam yükleri ile birlikte, 4.1'de belirtilen sürekli bakım ve onarımlar sırasında karşılaşılan tüm geçici yükleri içerir.

- Yük kombinasyonu 3 (İşl-3)
Bu dinamik yük kombinasyonu; tekrar periyodu 100 yıl olan maksimum ortam yükleri ile birlikte, İşl-1'deki tüm yükleri içerir.

4.4 Yukarıdaki her yük kombinasyonu için dizayn analizinde dikkate alınacak yükler ve bunlara ait kısmi emniyet faktörleri Tablo 4.3'de verilmiştir.

5. Olağandışı Koşul (Old-1)

5.1 Olağandışı koşul terimi; montaj ve ilk çalıştırmayı takiben, sistemin dizayn ömrü sırasında, herhangi bir anda oluşabilen, boru hattı sisteminin işlevini veya bütünlüğünü bozabilecek olan her türlü planlanmamış olayları ifade eder.

5.2 Dizayn analizine; aşağıdaki yük koşulunun incelenmesi dahil edilecektir:

- Yük koşulu 1 (Old-1)
Bu statik yük koşulu, sistemin dizayn ömrü boyunca karşılaşılan, Bölüm 4, F.1'de belirtilen yükleri içerir.

5.3 Dizayn analizine ayrıca, öngörülme-yen olayların oluşma olasılığı hesapları da dahil edilecektir.

5.4 Olağandışı yükler, maksimum sabit ve işletim yükleri ve uygulanabilen ortam yükleri ile birlikte hesaplanacaktır.

5.5 Aynı anda oluşan yüklerin etkiye olasılığı; planlanmayan tekil bir olayın oluşumu olasılığından daha büyük değilse, bir olağandışı yük ile (planlanmayan olay) diğer olağandışı yükün (planlanmayan olay) kombinasyonuna gerek yoktur.

Tablo 4.3 Yük kombinasyonları ve γ_f kısmi emniyet faktörleri

Yükler	Yük kombinasyonu							
	Mon-1	Mon-2	Test-1	Test-2	İşl-1	İşl-2	İşl-3	Old-1
İç basınç	-	-	1,00	1,00	1,20	1,05	1,00	1,00
Dış basınç	1,10	1,05	1,10	1,05	1,10	1,00	1,00	1,00
Sıcaklık	-	-	1,10	1,00	1,20	1,10	1,00	1,00
Ağırlık	1,20	1,10	1,20 (1)	1,10 (1)	1,20	1,15	1,05	1,00
Yer değişimi	1,20	1,10	1,25	1,10	1,25	1,15	1,05	1,00
Buz	-	-	-	1,15	-	1,15	1,05	1,00
Rüzgar, dalga ve akıntı	-	1,15	-	1,05	-	1,15	1,05	1,00
Platform hareketi	-	-	-	1,15	-	1,10	1,05	1,00
Uç genişmesi	-	-	1,15	1,10	1,20	1,10	1,00	1,00
Montaj yükleri	1,25	1,15	-	1,10	-	1,10	1,00	1,00
Su darbesi etkisi	-	-	-	-	-	-	-	1,00
Deprem	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00
Dış darbeler	-	-	-	-	-	-	-	1,00

Eğer bir yük kombinasyonunda, tekil bir yük olumlu bir etkiye yol açarsa, $\frac{1}{\gamma_f}$ emniyet faktörü kullanılmalıdır.

(1) İç akışkan için (su) γ_f) 1,0'e izin verilebilir.

H. Yükler için Emniyet Faktörleri

1. Genel

Dizayn yükleme etkisi;

$$S_d = S \left(\sum F_i \cdot \gamma_{fi} \right) \quad (4.16)$$

Çeşitli karakteristik nominal yüklerin (F_i), tekil kısmi emniyet faktörlerinin (γ_{fi}) çarpımının bir fonksiyonudur.

1.1 Tablo 4.3'de, G'de belirtilen dizayn yük kombinasyonlarının analizinde kullanılan önerilen kısmi emniyet faktörleri verilmiştir.

Bu dizayn yüklerine karşı, dizayn dayanımlarının incelenmesinde kullanılan kısmi emniyet faktörleri, Bölüm 5'de verilmiştir. Dizayn analizinde kullanılmak üzere, çok fazlı akımlar nedeniyle oluşan yüklerde ilgili belirsizlikleri kapsayan kısmi emniyet faktörü verilmez. Ancak, bu yükler önemli ise, bunlar dizayn analizine dahil edilecektir.

1.2 Eğer dizayn analizinde, herhangi bir yük kombinasyonunda tekil bir yük için, $\frac{1}{\gamma_f}$ kısmi emniyet faktörü uygulanacaktır.

2. Önerilen Değerler

2.1 Tablo 4.3'de normal koşullar için, önerilen kısmi emniyet faktörü γ_f verilmiştir. Normalin dışındaki koşullar için, dizayn yaklaşımının emniyetli tarafta bulunmasını sağlamak için, önerilen kısmi emniyet faktörü γ_f 'i yeterli derecede arttırmak gerekebilir.

Aşağıda belirtilen parametreler ve kabuller esas alınarak çeşitli kısmi emniyet faktörleri kullanılacaktır.

2.2 Basınç

(Bölüm 4, B.1'e bakınız).

Önerilen kısmi emniyet faktörü; boru hattı sisteminin maruz kaldığı iç ve dış basınçlardaki dalgalanmalar nedeniyle öngörülen yüklerdeki belirsizliği yansıtır.

Boru hattının veya düşey boruların sepiyesi nedeniyle oluşan yükler, bu yükün normalde önemli bir belirsizlik olmaksızın oluşacağı esas alınarak, genelde $\gamma_f = 1,0$ kısmi emniyet faktörü ile kullanılırlar.

Hidrostatik test basıncının da, önemli bir belirsizlik olmaksızın uygulanacağı kabul edilir.

2.3 Sıcaklık

(Bölüm 4, B.2'ye bakınız).

Önerilen kısmi emniyet faktörü; T_0 montaj sıcaklığı ile ilgili belirsizlikleri ve boru hattı sisteminin maruz kalacağı çeşitli iç ve dış sıcaklık etkilerini yansıtır.

İncelenen yük kombinasyonu için aşırı sıcaklık farklılıkları dikkate alınacaktır. ancak, et kalınlığı veya kesit boyunca ayrıntılı sıcaklık dağılımına normalde gerek yoktur.

2.4 Ağırlık

(Bölüm 4, B.3'e bakınız).

Ağırlık yükleri için önerilen kısmi emniyet faktörü; beton kaplamanın yoğunluğu ve boru hattı sistemi tarafından taşınan akışkanın yoğunluğu ile ilgili belirsizlikleri yansıtır.

2.5 Yer değişimi ve kaçıklıklar

(Bölüm 4, D'ye bakınız).

Önerilen kısmi emniyet faktöründe, boru hattının sürekli olarak deniz yatağı tarafından taşındığı esas alınmış olup, montaj toleransları dahilindeki küçük yatay kaçıklıklarla ve deniz yatağının yüzeysel ondüleşmesi nedeniyle oluşan küçük düşey kaçıklıklarla ilgili belirsizlikleri içerir.

Bu yük durumuna uç genişmesi dahil değildir. 2.9'a bakınız.

2.6 Buz

(Bölüm 4, C.5'e bakınız).

Buz ve kar yüklerine ait olarak önerilen kısmi emniyet faktörü; buzun özellikleri, buz tabakasının kalınlık etkileri ve yüzen buzdan gelen mekanik darbe etkilerindeki belirsizlikleri kapsar.

2.7 Rüzgar, dalgalar ve akıntılar

(Bölüm 4, C'ye bakınız).

Önerilen kısmi emniyet faktörü; hidrodinamik katsayılar, deniz canlıları, dalga ve akıntı istatistikleri ile çevre ve sınır etkileri dahil, çeşitli ortam yükü parametreleri ile ilgili belirsizlikleri yansıtır.

2.7 Platform hareketi

(Bölüm 4, D.1'e bakınız).

Önerilen kısmi emniyet faktörü; boru hattının bağlı olduğu platform veya benzeri yapıların hareketi ile ilgili öngörülerdeki belirsizliği yansıtır.

Eğer platform analizi; yer değişimi ile ilgili kısmi emniyet faktörünü içeriyorsa, bu yer değişimler uygun emniyet faktörü oranı ile çarpılabilir.

2.9 Uç genişmesi

(Bölüm 4, D'ye bakınız).

Boru hattının ankastre olmayan kısmının uç genişmesi; sıcaklık, basınç gibi çeşitli yük etkilerine ve boru hattı ile taşıyıcı zemin arasındaki sürtünmeye bağlıdır. Önerilen kısmi emniyet faktörü; bu yüklerin genel etkisini kapsayan tek bir emniyet faktörü olarak uygulanır. Sürtünme için kısmi emniyet faktörü $\gamma_f = 1,10$ alınarak, uç genişmesinin belirlenmesine de izin verilir.

2.10 Montaj

(Bölüm 4, E'ye bakınız).

Öngörülen kısmi emniyet faktörü; çekme ve germe kuvvetleri, boru gericilerindeki etkisi bölgesi, tutucu demirler ve hava pencereleri dahil, çeşitli montaj parametreleri ile ilgili belirsizlikleri yansıtır.

I. Yorulma Yükleri

1. Genel

1.1 Dizayn analizine, dizayn ömrü boyunca boru hattı sisteminde önemli yorulmalara yol açabilecek tüm tekrarlı yüklerin hesabı dahil edilecektir.

1.2 Yüklerin uzun-sürekli dağılımı, uygun çevrim sayma yöntemi kullanılarak, tam çevrimlerle ilgili olarak yapılacaktır.

1.3 Boru hattı sisteminin çelik cidarındaki yorulmaya neden olan yüklerin şiddeti ve tekrar sayısı, hassas olarak tahmin edilebiliyorsa, yorulma etkileri ile ilgili kısmi emniyet faktörü $\gamma_f = 1,0$ alınabilir.

1.4 Dizayn analizinde, aşağıdaki nedenlerden dolayı çelik boru cidarındaki gerilme dalgalanmaları dikkate alınacaktır:

- Ortam yükleri (rüzgar, dalga, akıntı),
- Titreşimler (girdap dağılımı),
- Tekrarlı operasyonlar,
- Geçici operasyonel etkiler,
- Platform ve taşıyıcı yapıların hareketi.

1.5 Yorulma nedeniyle, boru hattı sisteminin direnci, uygun bir analiz yöntemi ile belirlenecektir.

2. Ortamdan Kaynaklanan Yorulma Yükleri

2.1 Deterministik analiz yöntemi için, yorulma hasarına etkileri yönünden temsili deniz durumları, dalga yükseklikleri ve dalga doğrultuları istatistiksel olarak değerlendirilecektir.

2.2 Dalga yüksekliği aralığı, birkaç banda bölünmeli ve her dalga yüksekliği bandı için temsili bir dalga periyodu seçilmelidir. Her dalga yüksekliği bandı için bir dalga periyodu aralığının bulunması nedeniyle, daha olumsuz sonuçlara neden olan dalga periyodu kullanılacaktır.

2.3 Rüzgar ve akıntı yüklerinin neden olduğu yorulma, benzer tarzda dikkate alınacaktır.

2.4 Çevre etkileri, dalga dövünmesi dalga vurması dahil, dalga yükü ile ilgili lokal etkiler hesaba katılacaktır.

3. Girdap Dağılımı Yorulma Yükleri

3.1 Boru hattı sistemi etrafındaki akım hızları birkaç banda bölünecektir. Her band için, ömür süresi ve titreşen elemanın doğal frekansı esas alınarak, olumsuz bir yük çevrimi dikkate alınacaktır.

3.2 Her band için yorulma gerilmesi aralığı, dinamik analizle hesaplanacaktır. Mevcut kuvvet şiddeti (birim boy başına) aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir:

$$q = \frac{1}{2} \cdot C_A \cdot \rho_w \cdot D_t \cdot v_0^2 \quad (4.17)$$

Burada;

q = mevcut kuvvet şiddeti,

C_A = hidrodinamik katsayı = $c_m - 1$, c_m ; Ek C'de verilen Şekil C.13'e göre,

D_t = toplam dış çap,

ρ_w = suyun yoğunluğu

v_0 = akım hızı.

3.3 Eğer girdap kaynaklı titreşimler, boru hattının veya düşey boruların doğal frekanslarından yeterince uzakta iseler, girdap dağılımı analizi yapılmayabilir (Ek C, 5.2'ye bakınız).

Eğer girdap kaynaklı titreşimler sınırlandırılmış ise (Ek C.5.3 ve C.5.4'e göre) ve girdap dağılımı ile ilgili yorulma analizi ihmal edilmişse, diğer yorulma yüklerine göre izin verilen hasar oranı $DR_{fat} < 0,9$ 'a indirilecektir.

BÖLÜM 5

DİZAYN DEĞERLENDİRMESİ

	Sayfa
A. Genel	5- 1
B. Dizayn Esasları	5- 1
C. Akma Kriteri	5-
D. Burkulma.....	5-
E. Yorulma	5-
F. Çatlama	5-
G. Girdap Dağılması	5-
H. Dip Dengesi	5-
I. Boru / Zemin Etkileşimi	5-
J. Montaj Gerilmeleri.....	5-

A. Genel

1. Bu bölümde, boru hattı sisteminin, buradaki kuralların isteklerine uygunluk yönünden dizayn değerlendirme yöntemi verilmektedir. Bölüm 4'e göre hesaplanan yüklerin nümerik değerleri dahil, dizaynın değerlendirileceği kriterler de yer almaktadır.

2. Dizayn değerlendirmesi asgari olarak, aşağıdaki nedenlerden kaynaklananlar dahil, olası tüm arıza durumları dikkate alınarak, bu bölümde belirtilen hesaplamaları ve analizler içerecektir:

- Akma (C'ye bakınız),
- Burkulma (D'ye bakınız),
- Yorulma (E'ye bakınız),
- Çatlama (F'ye bakınız),
- Girdap Dağılması (G'ye bakınız).

Ayrıca, dizayn değerlendirmesine dip hidrodinamik denge analizi de dahil edilecektir (H'ye bakınız).

Gerekirse, ilave hesaplar ve analizler yapılacaktır. Bu durum, özellikle, aşağıda belirtilenlerin sonucu olarak dizaynı, buradaki kuralların parametreleri dışında yer alan boru sistemlerine uygulanır:

- Normalin dışında sert ortam koşulları,
- Aşırı su derinlikleri,
- Kıyı hattındaki sabkha alanlarından geçen güzergahlar,
- $-25^{\circ}\text{C} < T < 120^{\circ}\text{C}$ aralığının dışındaki işletme sıcaklıkları,
- Yüksek basınç-yüksek sıcaklık üretimi,
- Bölüm 6'ya uygun olmayan malzemelerin kullanımı,
- Prototip dizaynların kullanımı,
- Yeni, denenmemiş montaj teknikleri.

Boru hattı sisteminin dizaynında, kesintisiz ürün akımı ve kolay bakımın sağlanmasına dikkat edilecektir. Bu konuda, aşağıda belirtilenler dikkate alınacaktır:

- Üretim senaryoları için hidrolik profiller,
- Rutin ve muayene izlemeleri ile ilgili şartlar,
- Aşırı iç korozyonu ve parafin ve/veya hidrat oluşumunu önlemek için üretim kimyası,

- Normalin dışında veya aşırı ortam koşullarına maruz kalabilen sistem kısımlarına ve proses kontrol donanımına ulaşım.

3. Boru hattı sisteminin dizaynı, tüm dizayn ömrü boyunca, Bölüm 1, B.3'deki isteklere uygunluk sağlanacak şekilde olacaktır. Bir boru hattının dizayn ömrü, yapımın başlangıcından itibaren hizmet dışına alınincaya kadar, takvim yılı olarak ifade edilen zaman süreci anlamındadır.

4. Buradaki dizayn istekleri ve kriterleri, tipik boru hattı sistemleri için geçerlidir. Olağandışı koşulların sistemin davranışına ve/veya bütünlüğüne etki ettiği hallerde, burada belirtilenlere ilave hesaplar gerekebilir.

5. Boru hatları ve düşey boruların mekanik davranışları ile ilgili olan temel formüller ve istekler dahil, örnek hesaplama yöntemleri Ek C'de verilmiştir.

6. Gerekliği taktirde, dizayn değerlendirmesi, yüklerin dinamik yapısını ve lineer-olmayan davranışını dikkate alacaktır.

7. Dizayn değerlendirmesi amacıyla, boru hattı sistemini kendine özgü şekil ve nitelikleri ve yük koşulları olan seksiyonlara ayırmak uygundur. Bu tür bir ayırma aşağıdaki tipik parçaları oluşturur:

- Düşey boru sistemi,
- Serbest hareket eden uçlar, genişleme düzenleri, demirler, taşıyıcı ve koruyucu sistemler dahil, özel nitelikler,
- Deniz yatağına oturan boru hatları (seksiyonları),
- Dolgulu veya dolgusuz halde, çukur içinde yer alan boru hatları (seksiyonları),
- Boru hattı ve kablo kesişimleri,
- Desteklenmeyen aralıklar,
- Branş bağlantıları.

Dizayn değerlendirmesine; bu parçaların Bölüm 4'de belirtilen yük koşullarına karşı dayanımlarını ve Bölüm 5, A.2'de belirtilen yük koşullarına karşı dayanımlarının ve Bölüm 5, A.2'de belirtilen hata durumlarının analizi dahil edilecektir.

B. Dizayn Esasları

1. Buradaki kurallarda, hem kısmi emniyet faktörleri kullanılan sınır durumu dizayn yöntemleri, hem de global emniyet faktörleri kullanılan klasik dizayn yöntemleri verilmektedir.

2. Sınır durumu dizayn analizinde, (5.1) eşitliği ile verilen dizayn yükü etkisinin istatistiksel olarak temsili "karakteristik değerleri" ile (5.3) eşitliği ile verilen, boru hattı sisteminin veya bir kısmının gerçek dizayn direncinin karşılaştırılması esas alınır.

Dizayn yükü etkisi;

$$S_d = S \left(\sum F \cdot i \cdot \gamma_{fi} \right) \quad (5.1)$$

İlgili kısmi emniyet faktörü γ_{fi} ile çarpılan çeşitli karakteristik nominal yükler F_i 'nin fonksiyonudur.

Dizayn analizinde; her yük kombinasyonunun dizayn yükü etkisinin, ilgili dizayn direnci R_d 'yi aşmadığı doğrulanacaktır:

$$S_d \leq R_d \quad (5.2)$$

S_d 'nin tipik değerleri, eşdeğer gerilmeleri veya boyunca uzamaları temsil eder.

Dizayn direnci (yani; istenilen emniyet payı ile birlikte, boru hattı sisteminin, Bölüm 4'de belirtilen yüklere ve yük kombinasyonlarına karşı koyma yeteneği), sistemi koruma ile ilgili tüm önlemler ile birlikte, boru hattının özelliklerinin fonksiyonudur. Boru hattı sisteminin çapının seçimi, normalde bir proses fonksiyonudur. Et kalınlığının, boru hattı malzemesinin (çelik kalitesi) ve kaplama, gömme ya da diğer koruma şekilleri gibi koruyucu önlemler, dizayn direncinin belirlenmesinde temel oluştururlar.

R_d dizayn direnci aşağıdaki şekilde hesaplanacaktır:

$$R_d = \frac{R_c}{\gamma_m \gamma_u} \quad (5.3)$$

a) Burkulma ve yorulma dışında, montaj ve işletim koşulları için:

Burada;

$$\gamma_m = 1,05$$

R_c = Kritik gerilme düzeyi veya kritik uzama ε_c ya da kritik burkulma direnci,

b) Burkulma ve yorulma dışında, test ve olağandışı koşullarda:

γ_m = Katılıklardaki değişimler, şekil, lokal gerilme yığılmaları, malzeme özellikleri, kaynak performansı, vb. ile ilgili belirsizlikleri içeren kısmi emniyet faktörü,

$$\gamma_m = 1,0$$

Burkulma ve yorulma nedeniyle oluşan yüklerle ilgili kısmi emniyet faktörleri, Bölüm 5, D ve 5, E'de verilmiştir.

γ_u = Hatanın sonuçları ile ilgili belirsizlikleri içeren kısmi emniyet faktörü (Tablo 5.2'ye bakınız).

γ_u kısmi emniyet faktörü; aşağıdaki nedenlerden kaynaklanan hatanın sonuçları ile ilgili belirsizlikleri içerir:

Dizayn direnci R_d 'nin karakteristik değeri, gerilme veya uzama olarak ifade edilir. Çeliğin gerilme/uzama ilişkisinin lineer olarak alındığı hallerde, R_d gerilme veya uzama olarak ifade edilebilir. Dizaynda kullanılan gerilme / uzama ilişkisi lineer değilse, R_d uzama olarak ifade edilecektir.

- Taşınan akışkanın kaybı,

- İnsan faaliyetlerinin etkisi.

Aksi belirtilmedikçe, gerilme ve uzama incelemeleri için γ_m kısmi emniyet faktörü, aşağıdaki gibi alınacaktır:

ISO 13623'e göre, taşınan akışkanlar, tehlike potansiyellerini yansıtmak üzere, Tablo 5.1'de gösterilen 5 kategoriden birine yerleştirilecektir.

Tablo 5.1

Kategori A	Tipik yanmaz su bazlı akışkanlar
Kategori B	Ortam sıcaklığında ve atmosferik basınç koşullarında sıvı halde olan yanıcı ve/veya zehirli akışkanlar. Tipik örnekler; petrol ve petrol ürünleridir. Metanol yanıcı ve zehirli akışkanlara örnektir.
Kategori C	Ortam sıcaklığında ve atmosferik basınç koşullarında zehirli olmayan gazlar olan yanıcı olmayan akışkanlar. Tipik örnekler; azot, karbondioksit, argon ve havadır.
Kategori D	Zehirli olmayan, tek-fazlı doğal gaz
Kategori E	Ortam sıcaklığında ve atmosferik basınç koşullarında gaz halde olan ve gaz ve/veya sıvı olarak iletilen, yanıcı ve/veya zehirli akışkanlar. Tipik örnekler: hidrojen, doğal gaz (kategori D'ye dahil olmayan), etan, etilen, sıvılaştırılmış petrol gazı (propan ve bütan gibi), doğal gaz sıvıları, amonyak ve klor.

Boru hattı sistemi veya seksiyonları, aşağıdaki iki bölge halinde sınıflandırılacaktır:

Bölge 1:

Arttırılmış hata sonuçları. Bu bölge, sabit veya yüzer yapıların ve kıyı hattı alanlarının çevresindeki 200 m. yarıçapı içindeki kısımları içerir:

Bölge 2:

Azaltılmış hata sonuçları. Bu bölge, boru hattı sisteminin veya seksiyonlarının, aşırı veya sık denizcilik ya da balıkçılık faaliyetlerinden veya diğer önemli müdahalelerden etkilenmeyen kısımları içerir.

Tablo 5.2 γ_u kısmi emniyet faktörleri

Bölge	Akışkan kategorisi				
	A	B	C	D	E
1	1,33	1,4	1,4	1,47	1,47
2	0,95	1,0	1,0	1,05	1,05

3. Klasik, deterministik dizayn yönteminde, dizayn direnci; γ_w , ISO 13623'de verilen, çevre gerilmesi ile ilgili emniyet faktörünü ifade etmek ve γ_u ihmal edilmek ($\gamma_u = 1,0$) üzere, (5,9) formülü kullanılarak, gerekli minimum et kalınlığını hesaplama yöntemine dahil edilir. Bu şekilde bulunan et kalınlığı, boru hattı sisteminin maruz kalabileceği tüm yüklere ve yük kombinasyonlarına dayanım bakımından kontrol edilecektir.

Sınır durumu dizayn direnci R_d 'nin hesabına; Tablo 5.2'de verilen, akışkan kategorisi ve bölgelere göre kısmi emniyet faktörlerinin kullanımı dahil edilecektir.

C. Akma Kriteri

1. Gerilme ve Uzama Kriteri

Çelik boru cidarının akmaya karşı emniyetini değerlendirmek için, Bölüm 4, G'deki yük kombinasyonlarında, çeşitli dizayn koşulları altındaki boru hattı sistemine etki eden tüm ilgili yükler dikkate alınacaktır.

B.2'de verilen ($S_d \leq R_d$) ifadesinden elde edilen aşağıdaki ifade, boru cidarındaki von Mises eşdeğer gerilmesinin hesabında kullanılabilir:

$$\sigma_E \leq \frac{R_{t0,5}}{\gamma_m \cdot \gamma_u} \quad (5.4)$$

Burada;

σ = Yükler için kısmi emniyet faktörleri dahil, gerçek yük kombinasyonu nedeniyle oluşan maksimum eşdeğer von Mises gerilmesi.

$R_{t0,5}$ = Boru malzemesinin belirtilen minimum akma mukavemeti.

γ_m, γ_u = Bölüm 5, B'ye göre emniyet faktörleri.

İzin verilen von Mises eşdeğer gerilme kriteri kullanılarak yapılan hesaplama yöntemi Ek C'de verilmiştir.

2. Uzama

Lineer-olmayan gerilme-uzama eğrisi esas alınarak, uzama düzeylerinin incelenmesi için, Bölüm 5, C.1'de verilen ifade, aşağıdaki şekilde yeniden yazılabilir:

$$\varepsilon_m \leq \frac{\varepsilon_c}{\gamma_m \cdot \gamma_u} \quad (5.5)$$

Burada;

ε_m = Yükler içi kısmi emniyet faktörleri dahil gerçek yük kombinasyonu nedeniyle oluşan maksimum uzama bileşeni.

ε_c = Kritik uzama.

2.1 Yerleştirme veya deniz tabanı ondüleleşmesi nedeniyle kalıcı deformasyona sahip deniz yatağı veya çukur tarafından sürekli olarak taşınan boru hatları için (yani kuvvet-kontrollü yük durumları için), toplam kritik boyuna uzama;

$$R_c = \varepsilon_c = 6 \left(\frac{t}{D_o} \right)^2 \quad (5.6)$$

Ancak, bu değer %1,5'i geçemez.

Burada;

t = Minimum et kalınlığı,

D_o = Borunun dış çapı.

2.2 Boru hatları veya düşey boruların diğer tüm kısımları için, kritik toplam boyuna uzama:

$$R_c = \varepsilon_c = 3 \left(\frac{t}{D_o} \right)^3 \quad (5.7)$$

Ancak, bu değer %1,0'i geçemez.

2.3 Beton kaplamadaki devamsızlıklar veya kelepçe ve flençlerin bulunduğu yerler gibi, katılıktaki lokal değişimler, daha büyük lokal uzamalara neden olabilir. Bu tür şekil değişimi kontrollü durumlar için, tüm uzama bileşenleri için kritik uzamalar, aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

$$R_c = \epsilon_c = 15 \left(\frac{t}{D_o} \right)^2 \quad (5.8)$$

Ancak, bu değer %2,0'yi geçemez.

3. Et Kalınlığı Seçimi

3.1 Bir boru hattı sistemi için (her seksiyonun) et kalınlığı seçimi; sistemin, Bölüm 4'de belirtilen iç ve dış yüklere karşı koyabileceği ve dizayn ömrü boyunca basınç altında çalışma özelliğini sürdürebileceği şekilde yapılacaktır.

Et kalınlığı, makul bir D_m/t oranı için 6 mm'den daha az olmayacaktır (D_m/t oranı bir dizayn kriteri olmayıp daha ziyade, dizaynda öngörülen, boru hattının çapı ile et kalınlığı arasındaki orana referans olarak işlev görür).

3.2 Gerekli minimum et kalınlığının belirlenmesinde, verilen basınç dağılımı esas alınarak, Tresca eşdeğer gerilme düzeyi yaklaşımı kullanılabilir.

Minimum et kalınlığı aşağıda verilenden az olamaz:

$$t \geq \frac{\Delta P \cdot D_o}{2 \cdot R_{t0,5}} \cdot \gamma_w \cdot \gamma_u \quad (5.9)$$

Burada;

t = Minimum et kalınlığı,

ΔP = Boru cidarına etki eden iç ve dış basınçlar arasındaki fark,

D_o = Çelik borunun dış çapı,

$R_{t0,5}$ = Belirtilen minimum akma mukavemeti,

γ_w = Et kalınlığı seçimi için emniyet faktörü,

γ_u = Hata sonuçlarını içeren emniyet faktörü, Tablo 5.2'ye bakınız.

3.3 Bölüm 6'daki isteklere uygun boru hattı malzemeleri için γ_u emniyet faktörü.

$\gamma_w = 1,25$ olarak alınacaktır.

3.4 Gerekli et kalınlığı, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$t_{\text{boru}} \geq t + t_c + t_m \quad (5.10)$$

Burada;

t_c = Korozyon payı (Bölüm 6, A.3'e bakınız),

t_m = Üretim toleransı.

3.5 Dirsekler ve bükülmüş borular için, minimum nominal et kalınlığı, aşağıda hesaplanandan daha az olmayacaktır:

- iç yarıçaptaki minimum et kalınlığı:

$$t_{i, \text{elb}} = t \cdot B_i$$

$$B_i = \frac{2 \cdot \frac{R}{D_o} - 0,5}{2 \cdot \frac{R}{D_o} - 1}$$

- dış yarıçaptaki minimum et kalınlığı,

$$t_{o, \text{elb}} = t \cdot B_o$$

$$B_o = \frac{2 \cdot \frac{R}{D_o} + 0,5}{2 \cdot \frac{R}{D_o} + 1}$$

Burada R, nominal bükme yarıçapıdır.

Dirsekler ve bükülmüş borular için nominal et kalınlığı, (5.10) eşitliğinde görüldüğü gibi korozyon payını ve üretim toleransını içerecektir.

D. Burkulma

1. Dizayn değerlendirmesine, aşağıdaki ana burkulma durumları dahil, tam bir burkulma analizi dahil edilecektir:

- Dış basınç, eğilme veya eksenel basma kuvvetleri nedeniyle boru cidarındaki lokal burkulma,
- Lokal burkulma oluşumundan sonra burkulmanın yayılması,
- Eksenel basma kuvvetleri nedeniyle gömülü olan veya gömülü olmayan hatların çubuk burkulması.

2. Burkulma analizinde, Tablo 5.3'de verilen ilgili kısmi emniyet faktörleri ile birlikte en olumsuz yük kombinasyonları esas alınacaktır.

Tablo 5.3 Burkulma emniyet faktörleri γ_m

Yük kombinasyonları (Bölüm 4, G'ye bakınız)				
İşl-1	İşl-2	İşl-3	Mon-1	Mon-2
1,4	1,25	1,05	1,15	1,0

3. Boru hattının üretimi sırasında oluşan başlangıç ovallığı, burkulma basıncını azaltır ve bu durum burkulma analizinde dikkate alınmalıdır.

Başlangıç ovallığı ile birlikte, eğilme nedeniyle oluşan toplam ovallık aşağıdaki değeri aşmayacaktır:

$$\Delta = \Delta_b + \Delta_o = \frac{D_{maks} - D_{min}}{D_{maks} + D_{min}} = \frac{\Delta D}{D_o} \leq 0,01 \quad (5.11)$$

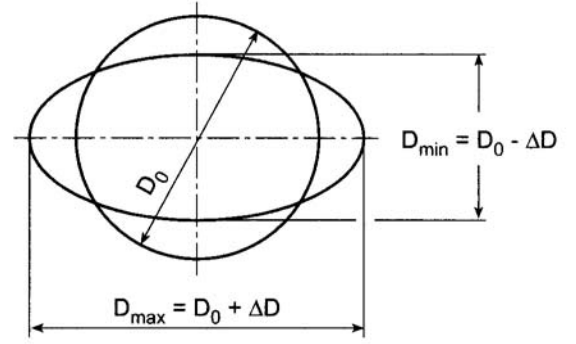
Burada;

Δ_o = Üretimdeki başlangıç ovallığı,

Δ = Boru eğilmesinden kaynaklanan ovallık,

$$\Delta D = \frac{(D_{maks} - D_{min})}{2}, \text{ Şekil 5.1'e bakınız.}$$

D_o = Borunun nominal dış çapı.



Şekil 5.1 Boru hattının ovallığı

4. Kopma yükleri üzerindeki etkilerinin az olması nedeniyle, montaj sırasındaki çekme kuvvetleri, burkulma analizinde ihmal edilebilir.

5. Burkulma yükleri nedeniyle oluşan gerilmelerin değerlendirilmesinde, elastik veya elasto-plastik analizler kullanılabilir. Uzamanın değerlendirilmesi için, gerilme-uzama ilişkisinin uygun şekilde tanımlanması suretiyle, elasto-plastik analizler yapılacaktır.

6. Burkulma analizi; sadece eğilme, sadece basınç ve kombine eğilme ve basınç nedeniyle oluşan burkulmaya karşı boru hattının dayanımının değerlendirilmesini de içerecektir.

7. Lokal burkulmanın yayılmasını önlemek için, dış basıncın, yayılma basıncını aşmaması sağlanacaktır. Dizayn dayanımı, en az, Ek C, 4.2'de verilen kritik yayılma basıncına eşit olacaktır.

Aşırı dış basınç P_d 'nin, yayılma başlangıcı basıncı P_{pi} 'yi aşabileceği durumlarda, burkulma tutucular konulacaktır. Ayrıca, dış basıncın burkulma yayılma basıncı ile yayılma başlangıcı basıncı arasında yer aldığı hallerde de burkulma tutucuların konulması önerilir.

8. Deniz yatağına yerleştirilen boru hatlarının yanal hareketi, burkulmayı önlemek üzere sınırlandırılacaktır. Bölüm 5, H'ye de bakınız. Bölüm 5, B.2'de 5.2 eşitliği ile verilen dizayn dayanımı, en az Ek C, 4.3.1'de verilen kritik eksenel kuvvete eşit olacaktır.

9. Gömülü boru hatlarının kabarma

burkulmasına yol açan aşırı düşey yer değişimleri, yeterli dolgu sağlanarak önlenecektir. Kritik yükselme dayanımı Ek C, 4.3.2'de tanımlanmıştır.

E. Yorulma

1. Genel

1.1 Yorulma; bir boru sisteminin çelik cidarının, bu sistem için kullanılan malzemenin kopma mukavemetinden daha düşük düzeylerde karşılaşılan tekrarlı gerilmeler altında çatlamaya eğilimi olarak tanımlanır.

Tekrarlar; deniz suyu zerreciklerinin harmonik titreşimi nedeniyle oluşanlarda olduğu gibi tekrarlı yüklerden ve çok-fazlı akım veya girdap dağılımının neden olduğu titreşimlerden kaynaklanır.

Dizayn değerlendirmesine; tekrarlı yüklerle maruz kalabilen boru hattının (seksiyonlar) yorulma analizi dahil edilecektir. Bu analiz, yorulma bakımından boru hattı sisteminin yapısal bütünlüğünün kanıtlanmasında kullanılacak ve etkin yorulma muayene programında esas alınacaktır.

1.2 Analizin kapsamı; boru hattına etki eden dalgalı yükler nedeniyle oluşan lokal gerilme aralığı ve tekrar sayısı ile yönlendirilir.

1.3 Yorulma değerlendirmesi prosedürü; genel tekrarlı akmanın neden olduğu düşük çevrimli yorulma problemlerine uygulanmaz. Nominal gerilmeler, malzemenin elastik sınırı içinde kalmalıdır. Hesaplanan nominal gerilme aralığı $\Delta\sigma_i$ belirtilen minimum akma mukavemetinin 1,5 katını aşmamalıdır.

1.4 Yorulma değerlendirmesi prosedürü 150 °C'yi aşmayan sıcaklıklar için geçerlidir.

2. Yorulma değerlendirmesi ile ilgili emniyet faktörleri

$\Delta\sigma_i$ gerilme aralığı, γ_m kısmi emniyet faktörü ile çarpılacaktır. Bu emniyet faktörü şunları içerir:

- Gerçek gerilme düzeyleri ile ilgili belirsizlikler,
- Yorulma dayanımı ile ilgili belirsizlikler,
- Yorulma kaynaklı hasarların sonuçları.

γ_m emniyet faktörü değerleri Tablo 5.4'de verilmiştir.

Tablo 5.4 Yorulma için γ_m emniyet faktörü

Boru hattının durumu	Azaltılmış hata sonuçları	Tehlikeli hata sonuçları
Kolayca ulaşılabilir	1,1	1,25
Kolayca ulaşılmaz	1,2	1,35

3. Kümülatif Hasar Oranının Hesaplanması

3.1 Her potansiyel çatlak yeri için, lineer kümülatif hasar kuralından (Palmgren – Miner kuralı) DR_{yor} kümülatif hasar oranı hesaplanacaktır:

$$DR_{yor} = \sum_{i=1}^I \frac{n_i}{N_i} \leq 1 \quad (5.12)$$

Burada;

DR_{yor} = Kümülatif hasar oranı,

I = Gerilme aralığının uzun süreli dağılımında toplam blok sayısı,

n_i = i gerilme bloğundaki öngörülen çevrim sayısı,

N_i = i bloğu için, dizayn S-N eğrisinden hesaplanan karşılaşılan gerilme aralığı çevrimlerinin sayısı.

3.2 Genelde, her noktanın dizayn yorulma ömrü en az boru hattı sisteminin dizayn ömrüne eşit olacaktır. Bunun anlamı; kümülatif hasar oranı DR_{yor} 'nın 1'e eşit olan sınır hasar oranını aşmamasıdır.

3.3 Karşılaşılan gerilme aralığı çevrimlerinin sayısı aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\log N_i = \log a - m \log \Delta\sigma_{Ri} \quad (5.13)$$

Burada;

Log a = S-N eğrisinin ilgili kısmına bağlı sabit (Bölüm 5, E.4'e bakınız),

m = Ters meyil sabiti (3 veya 5),

$\Delta\sigma_{Ri}$ = Yorulma gerilmesi aralığı.

3.4 Yorulma gerilmesi aralığı $\Delta\sigma_{Ri}$, nominal gerilme aralığı $\Delta\sigma_{Ri}$ ile (ilgili çevrimde, aşırı gerilmeler arasındaki cebirsel fark).

$$\Delta\sigma_i = \sigma_{i \text{ min}} - \sigma_{i \text{ maks}} \quad (5.14)$$

γ_m emniyet faktörünün (Tablo 5.2) çarpımı olarak verilir:

$$\Delta\sigma_{Ri} = \gamma_m \cdot \Delta\sigma_i \quad (5.15)$$

3.5 Eğer boru kalınlığı $t > 25$ mm. ise, yorulma gerilmesi aralığı:

$$\Delta\sigma_{Ri} = \gamma_m \cdot \left(\frac{t}{25} \right)^{0.25} \cdot \Delta\sigma_i \quad (5.16)$$

t [mm]'dir.

3.6 Gerekirse, dinamik etkiler dikkate alınacaktır. daha hassas araştırmaların bulunmadığı hallerde, dinamik arttırma katsayılı kuazi-statik hesaplama kullanılabilir.

3.7 Normal ve kesme gerilmelerinin kombinasyonları dikkate alınmalıdır. Eurocode 3'de verilen değerlendirmeler kullanılabilir.

4. Dizayn S-N Eğrileri

4.1 Yorulma analizinde; yüksek çevrimli yorulma koşulları için Bölüm 6'da belirtilen şekilde tipik kaynaklı çelik boru hatlarına uygulanan S-N eğrileri esas alınacaktır. Diğer malzemeler ve farklı lokal gerilme dağılımları (ayrıntı sınıfları) TL Açık Deniz Tesisleri Kurallarına veya eşdeğerlerine (örneğin: Eurocode 3) göre dikkate alınacaktır.

4.2 Kaynaklardaki yorulma mukavemetinin, genelde, malzemenin statik mukavemetinden ve ortalama gerilme düzeyinden bağımsız olacağı belirlenmiştir.

4.3 S-N eğrileri, $\log(\Delta\sigma)$ ve $\log(n)$ arasındaki kesit boyunca lineer bağıntıları temsil eder. Deniz altı boru hatları ve düşey boruları için tipik yorulma mukavemeti eğrileri verileri Tablo 5.5'de verilmiştir. İlgili şekildeki (Şekil 5.2) oklar, gerilmelerin yerlerini ve doğrultularını gösterir.

4.4 S-N eğrileri, korozyon etkisinin dikkate alınması için kesme sınırı olmaksızın kullanılacaktır.

Tablo 5.5 Yorulma mukavemeti eğrisi değerleri (gerilme değeri MPa veya N/mm²'dir)

Ayrıntı sınıfı normal gerilme	log a		Açıklamalar
	$N \leq 5 \cdot 10^6$ (m = 3)	$N \geq 5 \cdot 10^6$ (m = 5)	
160	12,901	17,036	Kaynaksız boru elemanı
140	12,751	16,786	Devamlı boyuna alın kaynağı
80	12,001	15,536	Enine alın kaynağı
Ayrıntı sınıfı kesme gerilmesi	log a (m = 5)		
80	15,801		

F. Çatlama

1. Bu alt bölümde, aşırı kusurlar veya hatalardan, erime kaynaklı borulardaki gevreme çatlaklarını önlemek bakımından, malzeme özelliklerine ve prosedürlere ait istekler verilmektedir.

Belirlenen malzeme sünekliği ile ilgili istekler (gerek ısıdan etkilenen bölgede ve gerekse kaynağın kendisinde) ile izin verilen maksimum kaynak kusurları boyutları ile ilgili istekler tam olarak karşılanacaktır.

2. Kaynak kabul kriterleri, seçilen dizayn prosedürüne bağlıdır (yani “işçilik” veya “kritik mühendislik değerlendirmesi”). İşçilik prosedüründe, kaynağın sürekliliği çentik darbe testleri ile kanıtlanır ve izin verilen maksimum kaynak kusuru boyutları seçilen dizayn koduna göre tanımlanır. Kritik mühendislik değerlendirmesinin esas alındığı prosedürde, çatlak mekaniği değerlendirmeleri vasıtasıyla, kusurların bulunduğu yerde oluşan gerçek yüklere bağlı olarak, izin verilen maksimum kusur boyutlarını belirlemek için, çatlak mukavemet özellikleri kullanılır. Kritik mühendislik değerlendirmesi esaslı kaynak kabul kriterlerine etki eden diğer dizayn kriterlerine etki eden diğer dizayn kriterleri (yorulma dahil) dikkate alınacaktır. Kritik mühendislik değerlendirmesi, izin verilen kaynak onarımı ağız ölçülerinin belirlenmesi için de kullanılabilir.

3. Gevreme çatlaması olasılığını azaltmak için, Bölüm 6, B.6’da belirtilen çentik darbe enerjisi değerleri ile ilgili isteklere uyulacaktır.

4. Yüksek basınç altındaki boru hatlarının, yayılan çatlamaya karşı yeterli dayanımı olacaktır. Bölüm 6, B.6’da verilen çentik darbe enerjisi değerleri gereklidir, ancak, yayılan çatlamayı önlemek için her durumda yeterli olmayabilir.

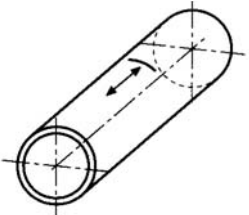
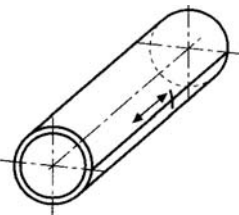
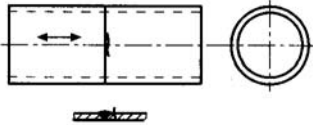
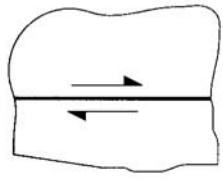
5. Erime kaynaklı borularda izin verilen hatalar, Ek B’de verilen kabul kriterleri ile sınırlandırılacaktır.

Boru hatlarında izin verilen kusur boyutlarının belirlenmesi için kabul kriterleri yerine çatlak mekaniği esaslı değerlendirmeler kullanılabilir. Bu değerlendirmeye, öngörülen ömür gerilme geçmişi dahil edilecektir. Kritik mühendislik değerlendirmesi ile ilgili diğer ayrıntılar ve istekler, Bölüm 1, D.1’de belirtilen esaslarda verilmiştir.

6. Kritik mühendislik değerlendirmesi, servisteki boru hatları veya düşey borularda algılanan, bilinen bir kusurun kabul edilebilirliğinin belirlenmesinde de kullanılabilir.

7. Çatlak mekaniği esaslı değerlendirmenin yapılması için, K-yönteminden veya CTOD-yönteminden elde edilen uygun çatlak mukavemet verileri kullanılacaktır. Eğer doğrudan ölçülen çatlak mukavemet verileri mevcut değilse, BS 7910 veya SINTAP’ta verildiği gibi, çentik darbe testlerinden mukavemetin belirlenmesi için kabul edilen bir yöntem kullanılacaktır.

8. Montaj sırasındaki kaynak onarımları için, ilgili kusur derinliklerindeki izin verilen kaynak ağız boyu, uygun bir çatlak mekaniği prosedürü kullanılarak belirlenebilir. İzin verilen onarım kaynak ağız boyunun belirlenmesinde, Mon-2 yük kombinasyonu ile birlikte uygun bir çatlak mekaniği prosedürü kullanılacaktır.

Normal gerilme (160)  Dikişsiz boru	Normal gerilme (140)  Boyuna kaynak
Normal gerilme (80)  Enine kaynak	Kesme gerilmesi (80) 

Şekil 5.2 Tipik boru hattı kaynakları için ayrıntı sınıfları

G. Girdap Dağılıması

1. Dizayn değerlendirmesine; özellikle desteklenmeyen aralıklar ve düşey borular olmak üzere, bir girdap dağılıması analizi dahil edilecektir.

2. Akım dağılıması ile ilgili proses oldukça karmaşık ve öngörülmesi zordur. Girdap dağılımasının neden olduğu sorunları önlemek için, Ek C'de verilen, pratik tecrübelerin ve deneysel çalışmaların esas alındığı yöntemler tavsiye edilir. Eşdeğer emniyet düzeyi sağlayan diğer yöntemler de kullanılabilir.

H. Dip Dengesi

1. Dizayn değerlendirmesine; sistemin dizayn direncinin asgari olarak, hidrostatik ve hidrodinamik kuvvetlerden kaynaklanan dizayn yüklerine eşit olmasını sağlamak üzere, Bölüm 5, A.7'de belirtildiği şekilde bağlı parçaları ile birlikte, tüm boru hattı için dip dengesi (hidrodinamik) analizi dahil edilecektir.

Dip stabilitesi analizi, normalde, boru hattının yanal ortam kuvvetlerine dayanım yeteneğinin belirlenmesi için kullanılır. Ancak, kararsız veya zayıf zeminli alanlarda yer alan boru hatları, ayrıca düşey denge yönünden de incelenecektir. Eğer, düşey stabiliteyi sağlamak için taşıma kapasitesi yetersiz ise, Bölüm 5, I.3'de belirtilen düzeltici önlemler alınacaktır.

2. Dizayn değerlendirmesine; aşağıda belirtilenler dahil, Bölüm 4'de belirtilen ilgili dizayn yük koşullarına ait hesaplar dahil edilecektir:

Mon – 2 İlgili dizayn sezonu için, 1 yıllık tekrar periyotlu geçici koşullar için. Dizayn sezonu; planlanan sezon + bu periyodun 1 ay öncesi ve sonrası'nı kapsayacak şekilde olacaktır.

İşl – 3 Tekrar periyodu en az dizayn ömrü süresine eşit olan işletme koşulları için.

3. Deniz tabanında yer alan boru hatlarının hidrodinamik stabilitesi, demirlerle veya benzeri düzenlerle artırılabilir. Bu amaçla beton semer

ağırlıkların kullanımı tavsiye edilmez. Demirler, aşırı yatay ve düşey hareketleri önlemek üzere dizayn edilecek ve boru hattı boyunca önemli gerilme yığılmaları oluşmayacak şekilde yerleştirilecektir.

4. Boru hatları hidrodinamik kuvvetlere karşı, dolgu veya dolgusuz olarak, çukurlara yerleştirilerek veya çakıl banketler ya da beton hasır ile örtülerek korunacaktır.

Kıyıya yaklaşımda ve kıyı hattında, olası aşınmalara veya açılmalara ya da üçüncü tarafların olası müdahalelerine karşı korumak üzere çukura yerleştirilmeli ve gömülmelidir (dolgu).

5. Sadeleştirilmiş Yanal Dip Dengesi Analizi

5.1 Boru hatlarının genelinde yanal dip stabilitesi için sadeleştirilmiş bir analizin (2 D-analiz) yapılması yeterlidir.

Bu durumda, aşağıdaki koşul sağlanırsa, boru hattı dengeli kabl edilir:

$$W_s \geq \max \left\{ \frac{|F_{db} + F_{mb}| + \mu_L \cdot F_I}{\mu_L} \right\} \cdot \gamma_D \quad (5.17)$$

Burada;

W_s = Beton kaplamanın ağırlığının %5'ine eşit olan su emilimi dahil suya batmış ağırlık,

γ_D = Emniyet faktörü, normalde $\gamma_D = 1,12$ alınır.

F_{db} = Sürüklenme kuvveti,

F_{mb} = Atalet kuvveti,

F_I = Kaldırma kuvveti,

μ_L = Ek C'de belirtilen yanal zemin sürtünme katsayısı.

Analizde kullanılan parametrelerde 100 yıllık tekrar periyodu esas alınacaktır.

6. Tam Dinamik Yanal Dip Dengesi Analizi

6.1 Boru hattı kesişmeleri, düşey boru bağlantıları, vb. gibi boru hattı boyunca kritik alanlar için, 100 yıllık tekrar periyodu için tam dinamik bir analiz yapılmalıdır. Bu tür bir analiz, aşağıda belirtilenlerin hassas olarak modellenmesini içermelidir:

- Komple deniz durumu için dalga spektrumu / gerçekçi zaman serileri (minimum süre 3 saat),
- Deniz tabanındaki akıntı hızı,
- Boru hattının veya düşey boruların yapısal davranışı (yeterli boru hattı zemin etkileşimi, lineer-olmayan gerilme-uzama ilişkisi, zaman esaslı büyük defleksiyon analizi),
- Hidrodinamik kuvvetler (akıntı ve dalga hızı, sürüklenme, kaldırma ve atalet katsayıları C_{db} , C_L , C_{mb}),
- Zemin direnç kuvvetleri (sürtünme kuvvetleri, borunun zemine girişi nedeniyle oluşan direnç).

6.2 İlgili tüm parametrelerde (örneğin; sürüklenme, kaldırma ve atalet katsayıları, sürtünme kuvvetleri / zemin direnci, gerilme - uzama ilişkisi) riskli yaklaşımlar esas alınacaktır.

6.3 Deniz yatağına yerleştirilen boru hatları, etki eden maksimum hidrodinamik kuvvetlere maruz kaldığında yerinde kalacak şekilde dizayn edilmelidir. Bazı hallerde ΔL kadar yanal harekete izin verilir. Belirli bir boru hattı için maksimum yanal hareket $\Delta L_{maks} = 20 D_o$ ile sınırlandırılmalıdır, burada D_o çelik borunun dış çapıdır. Aşağıda belirtilen kritik yerlerde, maksimum hidrodinamik kuvvetlere maruz kalan boru hatlarının yerinde kalması gereklidir.

- Kablo veya boru hattı kesişmeleri,
- Sabit yapılara, diğer bağlantılara, kıyı hatlarına veya 200 m. yarıçapı içindeki diğer kara yapılara yakın olan yerler,
- Olumsuz zemin durumlarının olduğu alanlar.

İşletme sırasında aşırı yanal hareketler düzeltililecektir.

6.4 Boru hattı seksiyonlarının yanal hareketinin kabul edildiği hallerde, maksimum boyuna gerilme / uzama, Bölüm 5, C.2'deki istekleri sağlayacaktır. Eğer uzama bağlı uzamayı aşarsa ($\epsilon = \% 0,2$), boru malzemesinin elasto-plastik davranışı analize dahil edilecektir.

6.5 Boru hattının tekrarlı yanal hareketinden kaynaklanan tüm önemli gerilme veya uzama çevrimleri, yorulma analizine dahil edilecektir (Bölüm 5, E'ye bakınız).

7. Genelleştirilmiş Dip Dengesi Analizi

Tam dinamik denge analizine alternatif olarak, "Genelleştirilmiş Denge Analizi" (Veritec RP E305'de verildiği gibi) yapılabilir. Bölüm 5, H.6'da verilen parametreler ve sınırlamalar Genelleştirilmiş Denge Analizinde, benzer şekilde uygulanır.

I. Boru / Zemin Etkileşimi

1. Genel

Dizayn değerlendirme; boru hattı ile Taşıyıcı zemin arasındaki etkileşimin incelenmesini içerecektir.

2. Zemin Özellikleri

İncelemede, aşağıda belirtilenler dahil, zemin özelliklerinin sınıflandırılması yapılacaktır:

- Zemin tipi veya sınıflandırılması,
- Tane büyüklüğü dağılımı,
- Özgül ağırlık,
- Kesme mukavemeti,
- Taşıma kapasitesi.

İncelemeye ayrıca, aşınma ve aşırı yüklenme ile taşıyıcı zeminin sıvılaşması dahil, çökeltilerin taşınma etkilerinin analizi dahil edilecektir.

Çökelti taşıma etkilerinin incelenmesi ve sıvılaşma etkilerinin belirlenmesi ile ilgili yöntemler hakkında ayrıntılı bilgi için Ek C'ye bakınız.

3. Zeminin kararlı hale getirilmesi ve boru hattını koruma yöntemleri.

3.1 Genel

Zeminin boru hattını taşıma kapasitesinin düşük olduğu veya harekete ya da sıvılaşmaya meyilli olduğu alanlarda, boru hattının bütünlüğünü sağlamak üzere alınan önlemlerin uygunluğunun değerlendirilmesi, dizayn değerlendirmesine dahil edilecektir. Bu bağlamda, boru hattı, aşağıda belirtilenlerin etkilerine karşı korunacaktır:

- Düzensiz çökmelerden kaynaklanan aşırı gerilmeler ve uzamalar,
- Yetersiz boru / zemin sürtünmesinden kaynaklanan aşırı yanal yer değişimleri,
- Yetersiz taşıma kapasitesinden kaynaklanan aşırı düşey yer değişimleri,
- Boru hattı üzerinde biriken çökeltilerden kaynaklanan aşırı yüklenme.

Dizayn değerlendirmesine ayrıca, bu etkilerin azaltılması veya sonuçlarının hafifletilmesi ile ilgili önlemler de dahil edilecektir.

3.2 Çukur kazma

Dizayn değerlendirmesinde, incelenen zemin koşulları ve çukur kazma yöntemi için, çukur profilinin kararlı olduğu ve çukur tabanının boru hattını sürekli olarak taşıyabildiği kanıtlanacaktır.

Boru hattının montajı öncesi ve sonrasında, çukurun doğal dolgu potansiyeli ve büyüklüğünün incelenmesine dikkat edilecektir.

Boru hattının korunması amacıyla, dalga ve/veya akıntı hareketleri etkisi altında, belirli zeminlerde doğal dolgunun veya boru hattının kendi kendini örtme

yeteneğinin avantajları dikkate alınabilir. Bu tür doğal işlemlerle ilgili öngörülerde, olumsuz durumlar esas alınacaktır.

3.3 Çakıl dökülmesi

Boru hatlarının çakıl banket ile korunduğu hallerde, kesit değişimlerindeki gerilme artırımını ve banket çevresindeki aşınma olasılığı değerlendirilmesi, dizayn analizine dahil edilecektir. Boru cidarındaki gerilme ve uzamalar burada belirtilen sınırlar içinde tutulacaktır (Bölüm 5, B'ye bakınız).

Değerlendirmeye ayrıca, banketin yakın çevre üzerindeki etkilerinin ve deniz yatağına kadar devam ediyorsa denizcilik ve balıkçılık faaliyetlerinin değerlendirilmesi de dahil edilecektir.

Dizayn değerlendirmesinde; dalga ve akıntı hareketleri altında, boru hattının dizayn ömrü boyunca, çakıl banketin yanal ve boyuna doğrultuda kararlı kalacağı kanıtlanacaktır. Gerektiği taktirde, düzeltici önlemlerin alınabileceği şekilde banketin düzenli aralıklarla muayeneye tabi tutulması halinde bu istekten vazgeçilebilir.

Yukarıdaki koşullar ve istekler, çimento veya kum torbaları ya da esnek beton yastıklarla boru hattının korunması durumlarına da uygulanır.

J. Montaj Gerilmeleri

1. Genel

Dizayn değerlendirmesine; montajın her aşaması sırasında boru hattı sisteminin karşılaştığı momentler ve kuvvetlerin hesaplanması dahil edilecektir. Özel olarak, değerlendirmeye, Bölüm 4, E'de belirtilen yüklerin hesabı dahil edilecektir.

Hesaplarda, gerektiği şekilde gerilme arttırım faktörleri kullanılacaktır.

2. Döşeme Gerilmeleri

Kuazi – statik analizlerin esas alındığı hesaplarda,

döşeme gerilmeleri, belirlenen minimum akma gerilmesinin %80'ini aşmayacaktır.

Hesaplamalarda; dubanın hareketinin etkileri, stinger konfigürasyonu ve sephiye, makaralardaki tepkiler, dalga ve akıntı etkileri ve çekme kuvvetlerindeki değişimler dikkate alınacaktır (Mon-1 ve Mon-2 için nominal çekmenin 0,80-1,25 ve 0,87-1,15 katında hareketsiz ağırlık bandı kullanılmalıdır). Gerilme ve uzamalar, Bölüm 5, B'de belirtilen kritik sınırlar içinde tutulurken, analizde ilgili (kısmi) emniyet faktörleri kullanılacaktır.

Her bağlama aşaması için; kaldırma, boru uçlarının hareketi, vb. nedeniyle boru hattı bağlantılarında sırasında oluşan gerilme ve uzamalar hesaplanacaktır. Gerilmeler ve uzamalar, montaj için belirlenen sınırlar içinde tutulacaktır.

3. Düşey Boru Montaj Gerilmeleri

Her montaj aşaması için; kaldırma, indirme ve konumlandırma nedeniyle düşey boruların montajı sırasında oluşan gerilme ve uzamalar hesaplanacak ve montaj için belirlenen sınırlar içinde tutulacaktır.

Değerlendirmede, hareketli ağırlık ve ağırlık merkezi hesapları ile ilgili belirsizlikler yer almalıdır.

4. Desteklenmeyen Aralık

Dizayn değerlendirmesine; incelenen boru hattı için izin verilen maksimum desteklenmeyen aralık hesabı dahil edilecektir. Aralığın uçlarındaki sınır koşullarının doğru olarak modellenmesine dikkat edilecektir.

Gerekirse, kurallara uygunluğun doğrulanması için, girdap dağılması ve yorulma hesapları yapılacaktır.

İzin verilen maksimum boyu aşan desteklenmeyen aralık, Bölüm 10, C.9'a göre düzeltililecektir.

Düzeltilici faaliyetlerin yapılması ile ilgili zamanlama, her durumda ayrı ayrı dikkate alınacaktır.

Tekrarlı deformasyona maruz dahili çimento kaplama, metal kaplama ve beton kaplamanın bütünlüğü

değerlendirilecektir (bu tekrarlı deformasyon önemli boyutta ise).

5. Kesişmeler

5.1 Dizayn değerlendirmesine; aşağıda belirtilenler dahil, yapılan boru hattının statik ve dinamik davranışına etki eden tüm faktörler dahil, tüm boru hattı ve/veya kablo kesişmelerinin analizi dahil edilecektir:

- Kesişmenin yayılım boyu,
- Yayılım profili ve mesnet yükseklikleri,
- Mesnet tipi ve mesnet reaksiyonları,
- Özellikle yayılımın uçlarında olmak üzere, zemin tipi ve taşıma kapasitesi,
- Yapım aşamasındaki boru hattının, üzerinden geçeceği boru hattına etkisi.

5.2 Sınır koşulları hassas olarak modellenmiyorsa, daha olumsuz yaklaşımlar yapılacaktır.

5.3 Hesaplarda; dizayn mesnet yüksekliği ile ilgili belirsizlikleri kapsamak üzere γ_u kısmi emniyet faktörü dikkate alınacaktır.

Eğer zemin koşullarının uygunluğu biliniyorsa veya deniz tabanı kesişme için özel olarak hazırlanmışsa bu emniyet faktörü azaltılabilir.

5.4 Gerekirse, kurallara uygunluğun kanıtlanması için girdap dağılması, yorulma hesapları ve burkulma analizi yapılacaktır.

Dizayn değerlendirmesine; çakıl banket için yapılane benzer tarzda, kesişme bölgesindeki aşınma olasılığı incelemesi dahil edilecektir.

Hesaplamalarda, mesnet yerlerinde uygulanacak uygun gerilme artırımı faktörleri kullanılacaktır. Kesişmelerde boru cidarındaki gerilme ve uzamalar, bu kurallarda belirtilen sınırlar içinde tutulacaktır (Bölüm 5, B'ye bakınız).

6. Boru Hattı Mesnetleri

6.1 Tüm boru hattı mesnetlerinin, çeşitli dizayn koşulları altında oluşan yükleri taşıyabileceğini gösteren bir analiz yapılacaktır.

6.2 Deniz yatağı mesnetlerinin (örneğin; beton traversler, hasırlar, harç yastıkları) dizaynı için aşağıdaki etkiler dikkate alınmalıdır:

- Yük kombinasyonlarına göre mesnet – boru hattı sisteminin yanal dengesi (Bölüm 4, G ve 4, H'ye bakınız),
- Aşınma, deniz yatağı sivilaşması, gömülme ile ilgili mesnet – boru hattı sisteminin düşey dengesi,
- Boru hattı ile beton traverslerin keskin kenarsız temas alanı – hattı,
- Zemin koşulları.

6.3 Deniz yatağı mesnetlerinin montajı, onaylı montaj prosedürüne göre yapılmalıdır. Montaj, Bölüm 10 ve TL Açık Deniz Tesisleri Kuralları, Kısım 62, Bölüm 10'a göre yapılmalıdır.

7. Kıyı Hattı

7.1 Genel

Dizayn sırasında, kıyı hattı ve kıyıya yakın yerlerdeki özel koşullar dikkate alınacaktır. sapma, sığlaşma, kırılan dalgalar ve zemin koşulları dahil, ortam koşulları ve güzergah bilgileri dikkate alınarak, kıyı hattı, kıyıya yakın yerler ve açık deniz kısımları arasındaki ara yüz belirlenecektir.

7.2 Kıyı hattı güzergahı

Bölüm 3, A'ya ilave olarak, boru hattı güzergahı,

aşağıda belirtilenler esas alınarak seçilecektir:

- Mevcut kıyı koşulu (örneğin; deniz yatağı erozyonu, gel-git, gel-git kanalları, kanal geçişleri),
- Kara güzergahı,
- İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan darbeler.

7.3 Dipte çekerek montaj

Boru hattının, kaya çıkıntıları ve diğer engellerden dolayı hasarlanmasını önlemek için montajdan önce boru hattı çekme koridoru sörveye tabi tutulacaktır.

Zemin sürtünmesi ile ilgili belirsizlikler nedeniyle, çekme halatları, sabitleme demirleri, vb. için kabul edilebilir bir emniyet düzeyi sağlamak üzere, maksimum çekme kuvvetinin hesabında $\gamma_u = 2,0$ kısmi emniyet faktörü kullanılmalıdır.

Eğer sephiye donanımı kullanılacaksa, sistem üzerine etki eden ortam yüklerinin etkisi dikkate alınacaktır.

7.4 Kıyı hattı bölgesinde boru hattının korunması

Kıyı hattı bölgesinde boru hattı gömülmelidir. Kaplamanın minimum yüksekliği, aşağıda belirtilenler yönünden değerlendirilecektir:

- Boru hattının ömrü sırasında dış koşullara maruz kalmasını önlemek için kıyı koşulları (artan ortam yükleri, gel-git, zemin hareketi),
- İnsan müdahalesi nedeniyle oluşan olağandışı yükler.

(Normalde 1,5-2 m.'lik bir gömme derinliği yeterlidir).

BÖLÜM 6**MALZEMELER, HAT BORULAR VE BİLEŞENLER****Sayfa**

A.	Genel	6- 1
B.	Hat Boruları	6- 1
C.	Boru Hattı Bileşenleri Çelikleri	6-
D.	Esnek Borular	6-
E.	Cıvatalı Bağlantılar	6-
F.	Taşıyıcı Yapılarla İlgili Malzemeler	6-
G.	Asitli Servis Malzemeleri	6-
H.	Kaynak Tüketim Malzemeleri	6-

A. Genel

malzemeler, aşağıda belirtilenleri sağlayacak şekilde kanıtlanmış uygunlukları esas alınarak seçilecektir:

1. Uygulama

1.1 Bu bölümdeki kurallar, hat boruları ve boru hattı sistemin ayrılmaz parçasını oluşturan boru hattı bileşenlerinin üretiminde kullanılan, kaynak edilebilir, alaşımsız ve alaşımlı çeliklere (paslanmaz hariç) uygulanır. Bu bölümün hükümlerine göre üretilen ve teslim edilen çelikler, ISO 3183, Part 3 veya eşdeğerlerine uygun olacaktır.

Daha yüksek mukavemetli çelikler, diğer alaşımlar ve bu bölümün kapsamı dışındaki diğer malzemeler, TL'nin onayına bağlı olarak kullanılabilir.

1.2 Korozyondan koruma için kullanılan malzemeler Bölüm 8'de, ağırlık kaplaması için kullanılan malzemeler Bölüm 9'da verilmiştir.

1.3 Bu bölümdeki isteklere göre boruları ve boru hattı bileşenlerini temin eden üreticiler, TL tarafından onaylanacaktır. Bu onay, üreticinin istenilen kalitede malzeme ve bileşen üretebilme kapasitesine sahip olması, nitelik testlerinden başarıyla geçmesi ve kalite güvence sisteminin incelenmesi sonucunda verilecektir.

2. Malzeme Seçimi

Boru hattı sisteminin ayrılmaz bir parçasını oluşturan

- Bölüm 1, B.C'de belirtilen emniyet amaçları,
- Bölüm 4 ve 5'de belirtilen dizayn istekleri,
- Bölüm 8'de belirtilen korozyona dayanım,
- Üretim ve yapım istekleri,
- Bölüm 10'da belirtilen montaj istekleri.

3. İç Korozyon Kontrolü

3.1 Korrozif veya aşındırıcı akışkanları ileten boru hatları aşağıda yöntemlerin biriyle veya bunların kombinasyonları ile korozyona karşı korunacaktır:

- Sistemin dizayn ömrü için yeterli bir korozyon payı,
- Asgari olarak, sistemin dizayn ömrüne eşit bir süre için dayanıklı olan korozyona dirençli çeliklerin veya alaşımların kullanımı,
- Korozyona dayanıklı dahili kaplama,
- Kimyasal korozyon engelleme (üretim kimyasına bir parçası olarak),

- ph-stabilizasyon tekniği.

3.2 Öngörülen korozyon kontrol yöntemi ve korozyon payı, boru hattı sisteminin dizayn ömrü boyunca öngörülen korozyon miktarı hesabı ve spesifikasyonları ile birlikte dokümanite edilecektir.

4. Asitli Servis Koşulları

Boru hattı içindeki akım sıvı formda su ve hidrojen sülfür içeriyorsa, Bölüm 6, G'deki istekler uygulanır.

Asitli servis, NACE MR 0175'de, aşağıda belirtilen şekilde tanımlanır:

- Asitli gazın; 4,5 bar veya daha büyük bir mutlak basınçta elleçlendiği ve gazdaki H₂S'in kısmi basıncının 0,003 bar'dan büyük olduğu servisler,
- Taşınan asitli akışkanın ve çok fazlı akımların, aşağıdaki işletme koşullarında olduğu servisler:
 - Gaz / sıvı oranı, 885 Nm³: 1 m³'den fazla,
 - Gaz fazının H₂S oranı %15 mol.'den fazla,
 - Gaz fazındaki H₂S'in kısmi basıncı 0,7 bar'dan fazla,
 - Akışkanın mutlak basıncı 18 bar'dan fazla.

5. Malzeme Spesifikasyonu ve Dokümantasyonu

5.1 Tüm hat boruları, flençleri, fittingleri ve diğer boru devresi bileşenleri, kaynak tüketim malzemeleri, cıvatalar ve somunlar, sızdırmazlık ve boya sistemleri, tutyalar ve yapım çelikleri ile ilgili malzeme isteklerini içeren malzeme spesifikasyonu hazırlanacaktır. Spesifikasyon; üretim süreçleri, kimyasal bileşim, ısıtıl işlem, mekanik özellikler, tahribatsız testler ve kusurların kabul sınırları, kalite kontrol, dokümantasyon ve işaretleme dahil üretim yöntemlerini kapsayacaktır.

5.2 Tüm malzemeler, eriyik numarasını, üretim süreci ve teslim koşullarını, test sonuçlarını, belirleyici işaretleyici, vb.'ni belirtir test raporları ile teslim

edilecektir. Basınçlı parçalar için, EN 10204 veya eşdeğerine göre, TL tarafından muayene sertifikası düzenlenecektir.

5.3 Tüm malzemeler, izlenebilirlik ve belirlenebilirlik açısından, üretici tarafından işaretlenecektir.

B. Hat Boruları

1. Üretim Süreci

1.1 Hat boruları çelikleri bazik oksijen projesi veya elektrik fırını projesi ile üretilecektir. Çelikler tam olarak sakınleştirilecek ve ince taneli olarak üretilecektir.

1.2 Hat boruları dikişsiz olabilir ya da boru şeklinde preslenen veya silindirde bükülen levhaların kaynak edilmesi suretiyle, aşağıda belirtilen proseslerden birine göre üretilecektir:

- Dikişsiz (S)

Dikişsiz borular, sıcak şekil verme yoluyla, dikişsiz olarak üretilirler.

- Toz altı kaynağı (SAW)

Boru, devamlı boyuna (SAWL) veya spiral (SAWH) olarak yapılan toz altı kaynağı ile üretilir. SAWL borularının en az bir dış ve en az bir iç pasosu bulunacaktır. Hem SAWL ve hem de SAWH kaynağı uç pabuçlarda başlayacak ve bilecektir. Toz altı kaynaklı borularda, sadece devamlı punta kaynağı yapmak için gaz metal ark kaynağına izin verilebilir.

- Yüksek frekanslı kaynak (HFW)

Yüksek frekanslı kaynak prosesi ile üretilen borular devamlı, düz boyuna dikişle üretilecektir.

Elektron ışını (EBW) ve lazer ışını (LBW) kaynaklar ve yüksek alaşımlı çelik boruların üretiminde kullanılanlar dahil, diğer kaynak prosesleri onaylanmak suretiyle kullanılabilir.

1.3 Hat borusunun kaynakla üretildiği hallerde, üretici tarafından, asgari olarak aşağıdakileri içeren, ayrıntılı bir kaynak prosedür spesifikasyonu hazırlanacaktır:

- Boru malzemesi standardı, kalitesi ve proje spesifikasyonu,
- Çap ve et kalınlığı,
- Ağız hazırlığı ve dizayn,
- Kaynak prosesi,
- Kaynak tüketim malzemeleri, ticari adı, klaslaması,
- Tel çapı,
- Akım, gerilim, akım tipi, polarite, hareket hızı, ısı girdisi dahil kaynak parametreleri,
- Kaynak pozisyonu,
- Paso sayısı,
- Ön ısıtma ve pasolar arası sıcaklıklar,
- Kaynak sonrası ısıtım işlem.

1.4 Üretim prosedürünün nitelendirilmesi, Bölüm 6, B.20'deki isteklere göre yapılacaktır.

Nitelendirme kayıtlarının tanınmış bir klas kuruluşundan onaylı olması ve testlerin kapsam, parametre ve sonuçlarının Bölüm 6, B.20'deki istekleri sağlaması halinde, daha önceden nitelendirilmiş üretim prosedürleri, yeni üretim serisi için kabul edilebilir.

1.5 Hat boruları, dikişsiz boruların boyutlarının ayarlanması durumunda, hidrolik veya mekanik genişleticiler vasıtasıyla soğuk genişletilebilir veya soğuk haddelenebilir ve soğuk çekilebilir. Soğuk deformasyon derecesi ISO 3183-3'de belirtilen sınırlar içinde olacaktır. Soğuk genişletme, kaynaklarla teması önleyen takımlarla yapılacaktır.

2. Teslim Koşulları

2.1 Üretim ve montaj sırasında uygulanan bükme, şekil verme, kaynak ve ısıtım işlemlere ait gerekleri veren hat borularının teslim koşulları belirtilecektir.

2.2 Kritik olmayan servislerde kullanılacak hat boruları, haddelenmiş-halde, kontrollü haddelenmiş, termo-mekanik haddelenmiş (hızlandırılmış soğutmalı veya soğutmasız), normalize edilmiş, su verilmiş ve temperlenmiş veya çözeltide tavlanmış durumda teslim edilebilir. Dizayn sıcaklığı 0°C'ın altında olan düşük sıcaklıklı servislerde, haddelenmiş-halde veya kontrollü haddelenmiş durumda hat boruları kabul edilmez.

2.3 Nominal et kalınlığı 40 mm.'den fazla olan alaşımsız ve mikro-alaşımlı çelik hat boruları için kaynak sonrası ısıtım işlemi zorunludur. Minimum dizayn sıcaklığı 10°C'ın altında ise, et kalınlığının sınırına dikkat edilecektir. Kaynak sonrası ısıtım işlemi, çeliğin karbon eşdeğerine ilişkin olarak da değerlendirilecektir.

3. Kimyasal Bileşim

3.1 Kimyasal bileşim; yeterli donanıma sahip ve uzman personeli bulunan bir laboratuvar kullanılarak, üretici tarafından hem podada hem de üründe belirlenecektir.

3.2 Asitsiz ve asitli servislerde kullanılan boru çeliklerinin kimyasal bileşimi (eriyik analizi) ISO 3183-3 veya eşdeğerinde belirtilen şekilde olacaktır. Tanınmış hat borusu standartlarına uygun olan değişimler, öngörülen üretim ve kaynak prosedürlerine bağlı olarak, kabul edilebilir. Ürün analizleri için, Tablo 6.1'de verilen, elde edilen eriyik analizlerden sapmalar kabul edilecektir.

3.3 Yüksek alaşımlı çeliklerin kimyasal bileşimi, seçilen malzeme standardına uygun olacaktır.

3.4 Olumsuz koşullarda kabarma ve/veya çatlamaya maruz kalabilen gazları veya sıvıları ileten boru hatlarında kullanılacak boru çeliklerinin kimyasal özelliklerine dikkat edilecektir.

Tablo 6.1 Ürün analizinin, eriyik analizinden kabul edilebilir sapmaları

Element	Kabul edilebilir sapma [%]
C	+ 0,02
Si	+ 0,05
Mn	+ 0,10
P	+ 0,001
S	+ 0,001
V	+ 0,01
Nb	+ 0,01
Ti	+ 0,01
V+Nb+Ti	+ 0,02
Cr	+ 0,05
Ni	+ 0,05
Mo	+ 0,03
Cu	+ 0,05
Al	+ 0,005
N	+ 0,002
CE ^(*)	+ 0,02
(*) CE: Karbon eşdeğeri.	

3.5 Kimyasal bileşim kaydedilecek ve raporlanacaktır. Üreticinin bildirdiği analizler, sövreyörün kararına bağlı olarak, rastgele kontrollere tabi olarak, kabul edilecektir.

3.6 Kimyasal analizlerin belirlenmesi ile ilgili istekler, Ek A'da verilmiştir.

4. Mekanik ve Teknolojik Özellikler ve Testler

Test örneklerinin alınacağı yerler, Ek A'da belirtilen şekilde olacaktır. Mekanik ve teknolojik testlerin yapılacağı sıklık, ISO 3183-3'de belirtilen şekilde olacaktır.

Hat borusunun tipine bağlı olarak, aşağıdaki testler yapılacaktır:

- Çekme testi,
- Çentik darbe testi,
- Ağırlık düşürme testi,

- Eğme testi,
- Yassılaştırma testi,
- Sertlik testi,
- HIC testi (gerekirse, asitli servis),
- SSC testi (gerekirse, asitli servis),
- Çatlak dayanım testi,
- Hidrostatik test,
- Tahribatsız muayene.

Uygulanabilirse, boru eksenine dik alınan test örneğinden aşağıdaki malzeme özellikleri belirlenecektir:

- $R_{10,5}$ akma mukavemeti (%0,5 toplam uzama elde edilen çekme gerilmesi),
- R_m çekme mukavemeti,
- $R_{10,5} / R_m$ akma gerilmesi / çekme gerilmesi oranı,
- A_5 veya A uzaması ($L_0 = 5,65\sqrt{S_0}$)
- Darbe enerjisi KV,
- Ağırlık düşürme testi, kesme alanı,

Mekanik ve teknolojik testlere ait istekler, Ek A'da verilmiştir.

5. Çekme Mukavemeti

Alaşımsız çelik borularda yapılan çekme testleri sonuçları ISO 3183-3'deki isteklere uygun olacaktır. Yüksek-alışımlı çelik borularda yapılan çekme testleri sonuçları, ilgili malzeme standartlarına uygun olacaktır.

6. Çentik Darbe Testleri

6.1 Çentik darbe test parçaları için gerekli minimum enerji değeri, ISO 3183-3'de belirtildiği gibi olacaktır. Üç darbe testlik bir gruptan elde edilen ortalama enerji, bu standartta belirtilene eşit olacaktır.

6.2 Çentik darbe test sıcaklığı, ISO 3183-3'de belirtilen şekilde olacaktır.

7. Ağırlık Düşürme Testi

Ağırlık düşürme testi, aşağıdaki koşullar sağlanırsa, gevreme çatlamasına direncin belirlenmesi için, çentik darbe testine ilave olarak gereklidir:

- Çelik kalitesi 360 N/mm²'ye eşit veya daha yüksek,
- Boru çapı ≥ 500 mm.
- Et kalınlığı:

 ≥ 8 mm. gaz servisinde
 ≥ 25 mm. sıvı servisinde

İki testten oluşan bir gruptan elde edilen ortalama kesme alanı ISO 3183-3'de belirtilen isteklere uygun olacaktır. Standartta belirtilen değer %75'inden az olmamak üzere, bir değer belirten ortalama değerin altında olabilir.

8. Eğme Testi

Tüm kaynaklı hat boruları için eğme testi gereklidir. Et kalınlığı ≤ 20 mm. olan borular için, testler; kaynak tırtılı makina ile düzeltilmiş olarak, kaynağa dik doğrultuda alınan, tam kalınlıklı eğrisel örnekte yapılacaktır. Bir alın-eğme ve bir kök-eğme örneği, çapı Tablo 6.2'de gösterilen bir mandrelle yaklaşık 180°, soğuk durumda eğilir. Et kalınlığı > 20 mm. olan borularda, test parçası, et kalınlığı 19 mm. olan dikdörtgen kesit oluşacak şekilde işlenebilir.

Test örneği; eğmeden sonra, derinliğine bakılmaksızın, bütünüyle çatlamayacak veya kaynak metalinde boyu 3 mm.'yi aşan çatlak veya diğer kusurlar oluşmayacaktır. Ayrıca, test örneği, ana metalde, ısıdan etkilenen bölgede veya erime hattında, boyu 3 mm.'yi ve derinliği et kalınlığının %1,25'ini aşan çatlak veya diğer kusurlar oluşmayacaktır. Eğer boyları 6 mm.'den kısa ise, test örneğinin kenarlarında oluşan küçük kusurlar ihmal edilebilir.

Tablo 6.2 Eğme testi için mandrel çapı

Kalite	Mandrel çapı
245,290	3,0 T
360	4,0 T
415	5,0 T
450, 485, 555	6,0 T
<i>T : Borunun et kalınlığı</i>	

9. Yassılaştırma Testi

HFW (yüksek frekanslı kaynaklı) borular, ISO 3183-3'ün isteklerine göre yassılaştırma testine tabi tutulacaktır.

10. Makro Muayene ve Sertlik Ölçümleri

10.1 Makro muayene test örneği; kaynağa dik alınacak ve boru profiline düzgün geçişli bir kaynak profiline sahip olacaktır. Tahribatsız muayene ve gözle muayene kabul kriterlerine uygun olması koşuluyla, hatalar kabul edilir.

10.2 Maksimum sertlik, bu Bölümde belirtilen standartlardaki sınıra eşit veya daha düşük olacaktır. Asitli servisler için değiştirilen çelikler, Bölüm 6, G.2.3'de belirtilen maksimum sertliğe sahip olacaktır.

11. Hidrojen – Kaynaklı Çatlak (HIC) Testleri

Malzeme spesifikasyonunda gerekli görülen hallerde, ISO 3183-3 ve NACE TM 0284'deki isteklere göre HIC testleri yapılacaktır:

HIC testleri, aşağıdaki durumlarda yapılır:

- H₂S'in kısmi basıncı 0,003 bar'ı aşan gaz servislerinde,
- H₂S konsantrasyonu; kısmi basıncı 0,003 bar'a eşit olan H₂S içeren çözölmüş gazlı sıvıda oluşan aşan, sıvının işletme sıcaklığı 0°C ile 65°C arasında iken serbest suyun bulunduğu, serbest suyun pH değerinin 7,6 ile 7,9 arasında olduğu, serbest suyun H₂S miktarının 1000 mg/kg'ı aştığı veya suyun pH değerinin 8,0'den fazla olduğu, siyanür miktarının 20 mg/kg'ı ve H₂S miktarının 50 mg/kg'ı aştığı servislerinde.

Kabul kriterleri, ISO 3183-3'de belirtildiği gibi olacaktır.

HIC'e karşı etkili bir direnç sağlamak için, aşağıda belirtilen elementlerin miktarı şu şekilde sınırlandırılacaktır:

Karbon	% 0,16
Kükürt	% 0,003
Manganez	% 1,65
Fosfor	% 0,01

Karbon eşdeğeri, asitli serviste, ISO 3183-3'deki değerleri geçmeyecektir.

12. Sülfid Gerilmesi Çatlağı (SSC) Testleri

Malzeme spesifikasyonunda gerekli görülen hallerde, ISO 3183-3 ve NACE TM 0177'deki isteklere göre SSC testleri yapılacaktır.

SSC testleri, aşağıdaki durumlarda yapılır:

- H₂S'in kısmi basıncı 0,003 bar'ı aşan gaz servislerinde,
- H₂S konsantrasyonu; kısmi basıncı 0,003 bar'a eşit olan H₂S içeren çözölmüş gazlı sıvıda oluşanı aşan, sıvının işletme sıcaklığı 0°C ile 65 °C arasında iken serbest suyun bulunduğu, serbest suyun pH değerinin 4,0 ile 5,4 arasında olduğu, serbest suyun pH değerinin 4,0 ile 5,4 arasında olduğu, serbest suyun H₂S miktarının 1000 mg/kg'ı aştığı veya suyun pH değerinin 7,6'dan fazla olduğu, siyanür miktarının 50 mg/kg'ı ve H₂S miktarın 1000 mg/kg'ı aştığı ya da suyun pH değerinin 8,0'den fazla olduğu, siyanür miktarının 20 mg/kg'ı ve H₂S miktarının 1000 mg/kg'ı aştığı sıvı servislerinde.

Kabul kriterleri, ISO 3183-3'de belirtildiği gibi olacaktır.

SSC'ye karşı etkili bir direnç sağlamak için, aşağıda belirtilen elementlerin miktarı şu şekilde sınırlandırılacaktır:

Karbon	% 0,16
Kükürt	% 0,003

Vanadyum + Nibodyum % 0,003

Karbon eşdeğeri, asitli serviste, ISO 3183-3'deki değerleri geçmeyecektir.

13. İlave Çatlak Dayanım Testleri

Özel durumlarda, ilerleyen gevreme kırılmalarına karşı dayanım artırılmasının kontrolü ve/veya boru malzemesi ve kaynakta kritik kusur boyutunun belirlenmesi için ilave çatlak dayanım testleri gerekebilir. Bu testler; ağırlık düşürme testi (DWT), çatlak ucu açılımı testi (CTOD), kompakt çekme testi (CT) veya diğer tam ölçekli tip testlerinde oluşabilir. Testlerin kapsamı ve prosedürü ile test sonuçlarının yorumlanması için, her durumda TL ile anlaşmaya varılacaktır.

14. Testlerin Yenilenmesi

14.1 Gerekli mekanik ve teknolojik testlere tabi tutulan örnekler, belirtilen kabul kriterlerine uygun sonuç vermezse, ilgili partinin reddedilmesinden önce, 14.2'de belirtilen isteklere göre testler yenilenebilir.

14.2 Eğer testlerden biri kabul kriterlerine uygun sonuç vermezse, aynı partiden alınan diğer iki boruda iki ilave test yapılabilir. Eğer bu testlerin sonuçları kriterleri sağlıyorsa, kusurlu bulunan boru birleşimi hariç, parti kabul edilir. Eğer bu tekrar testlerinden birisi istekleri sağlamıyorsa, olumsuz birleştirmeler teker teker teste tabi tutulabilir veya tüm parti reddedilir.

15. Üretim Yerinde Hidrostatik Basınç Testi

15.1 Tüm borular bütünlükleri yönünden hidrostatik basınç testine tabi tutulacaktır.

Test basıncı, aşağıdaki formülden elde edilenden daha az olmayacaktır:

$$p = \frac{20 \cdot R_{t0,5} \cdot t}{D_o} \cdot 0,95 \quad [\text{bar}]$$

Burada;

$R_{t0,5}$ = Minimum akma mukavemeti [N/mm²]

t = Nominal et kalınlığı [mm]

D_o = Nominal dış çap [mm]

Üretim yerindeki test basıncı, hiçbir durumda, sistemin test basıncından daha az olamaz (Bölüm 10, I.5'e de bakınız).

15.2 Borular; uygulanan basınca, herhangi bir sızıntı veya şekilde değişimi olmaksızın en az 10 dakika dayanacaktır. Hidrostatik basınç testi olumsuz sonuç veren borular reddedilir.

15.3 Test donanımının kurulumunun boru cidarında aksel gerilmelere neden olduğunun kanıtlanabildiği hallerde, minimum akma mukavemetinin %95'ine eşit olan maksimum kombine gerilmeyi oluşturan bir test basıncı kullanılabilir.

15.4 Hidrostatik basınç testi donanımı; her basınç testinin süresini ve basıncını kaydeden bir cihazla teçhiz edilecektir. Her kayıtta ilgili boru numarası yer alacaktır.

16. Tahribatsız Muayeneler

16.1 Hat borusunun üretiminde kullanımı öngörülen levha veya şeritler, laminasyon bakımından ultrasonik teste tabi tutulacaktır. B ultrasonik testler boruda da yapılabilir.

16.2 Tüm kaynaklı borular, ISO 3183-3'e göre tahribatsız testlere tabi tutulacaktır. Test prosedürü ve kabul kriterleri, boru standardındaki ve/veya onaylı spesifikasyonlardaki isteklere uygun olacaktır.

16.3 Kabul edilemez durumdaki kaynak kusurları, onaylı onarım prosedürüne göre taşla veya arkla oyularak giderilir ve kaynakla onarılabilir. Kaynak onarımları, tam boyda röntgen ile kontrol edilecektir.

16.4 Kaynaklı ve dikişsiz borular, laminasyon ve kümelenme yönünden ultrasonik teste tabi tutulacaktır. Üreticinin seçimine göre levhalar ve şeritler boru üretiminden önce test edilebilir. Test prosedürü ve kabul kriteri, boru standardındaki ve/veya onaylı spesifikasyonlardaki isteklere uygun olacaktır.

16.5 Hat boruların uçlarındaki artık sıkıştırılma ISO 3183-3'de belirtilen sınırlar içinde olacaktır.

17. Görsel ve Boyutsal Muayene

17.1 Üretimi tamamlanan tüm boruların dış yüzeyleri görsel olarak muayene edilecektir. Boruların iç yüzeyleri de benzer olarak, mümkün olduğunca muayeneye tabi tutulacaktır. Tüm boruların boyutsal kontrolü yapılacaktır.

17.2 Boru yüzeylerinde kusur bulunmayacaktır. Çatlaklar, ark izleri, çentikler ve oyukluklara izin verilmez.

Bindirmeler, yongalar, hadde izleri vb. taşlama ile giderilecektir. Ana malzemenin kaynakla onarımına izin verilmez.

17.3 Boru kaynağı düzgün yüzeye sahip olacak ve ana malzemeye düzgün olarak birleşecektir. Yanma çentikleri ISO 3183-3'deki sınırlar içinde olacaktır.

18. Boyutlar ve İşçilik

Boyutlardaki toleranslar, ISO 3183-3'de belirtilen sınırlar içinde olacaktır. Boru kesilerek kısaltılıyorsa, boru uçları 16.1'de belirtilen NTD isteklerine göre tekrar kontrol edilecektir. Eğer montajdaki kaynak yöntemi daha sınırlı toleransları gerektiriyorsa, çapta, ovallikte ve et kalınlığında daha sıkı tolerans sınırları gerekebilir.

19. Onarım

19.1 Sadece, onarıldığında, spesifikasyon isteklerine uygunluğu sağlanabilecek kusurlar, onarım için dikkate alınacaktır. hidrostatik olarak test edildikten sonra, küçük taşlamalar dışında onarımı yapılan borular, tekrar hidrostatik olarak test edilecektir.

19.2 Boru cidarındaki dış ve iç yüzey kusurları, sadece taşlanarak onarılabilir. Taşlamadan sonra, kalan et kalınlığı ultrasonik muayene ile ölçülecek ve L tarafından gerekli görülürse, minimum istekler yönünden kontrol edilecektir.

19.3 Kaynak dikişindeki kabul edilemez kusurlar, onaylı kaynak onarım prosedürü spesifikasyonu esas alınarak onarılabilir. 1.3'de belirtilenlerle birlikte, aşağıdaki bilgiler spesifikasyona dahil edilecektir:

- Kusur giderme yöntemi, kaynak ağzı hazırlığı, onarım kaynağı öncesi ve sonrası tahribatsız testler,
- Minimum ve maksimum onarım derinliği ve boyu,

19.4 Onarım kaynağı, uygun ön-ısıtma ve pasolar arası sıcaklıklar uygulanarak, düşük hidrojenli kaynak prosesi kullanılarak, vasıflı kaynakçılar tarafından yapılacaktır. Onarım kaynağının boyu 50 m.'den az olamaz ve en az iki paso halinde yapılır.

19.5 Onarım kaynağı prosedürü ve kaynakçıların vasıflandırılması, vasıflandırılacak onarım koşullarının gerçekçi bir şekilde simüle edildiği boru nipellerinde, aşağıda belirtilenler için yapılacaktır:

- Kalınlık doğrultusu onarımı,
- Yüzey bölgesi onarımı (kapak pasosu veya yanma çentiği kusurları).

Vasıflandırma testleri, Bölüm 7'deki isteklere göre yapılacaktır.

20. Üretim Prosedürünün Vasıflandırılması

20.1 Hat borularının üretim prosedürü, üretimin başlangıcında vasıflandırılacaktır. Maksimum 50 boruluk ilk üretim partisinden, bir boru vasıflandırma testinde kullanılmak üzere sörveyör tarafından seçilecektir. Bu boru; tahribatsız muayeneden, yüzey kusurları ve boyut toleransları kontrolünden ve hidrostatik testlerden geçmelidir.

20.2 Borularda yapılacak testlerin tipi ve sayısı, test örneğinin boyutları ve konumu ile test prosedürleri ISO 3183-3'e göre olacaktır.

20.3 Test sonuçları, burada belirtilen isteklere uygun olacaktır.

21. Üretim

21.1 Hat borularının üretiminde; üretici, kimyasal bileşim, mekanik ve teknolojik özellikler, işçilik ve boyutlarla ilgili olarak belirtilen isteklere uygunluğun doğrulanması için, TL gözetiminde testler yapacaktır.

21.2 Üretim testlerinin sıklığı ve kapsamı, ISO 3183-3'de belirtildiği gibi olacaktır.

21.3 Mekanik ve teknolojik testlerin sayısı ve tipi ISO 3183-3'de belirtilen şekilde olacaktır.

C. Boru Hattı Bileşenleri Çelikleri

1. Dirsekler, T-parçalar, Y-parçalar, tapalar, bosalar ve diğer fittingler, boyunlu flençler, fırdöndü ringli ve diğer flençler, bilezikler ve alın kaynaklı valf gövdeleri dahil boru hattı bileşenleri, kaynatıldıkları hat boruları ile uyumlu malzemelerden yapılacaktır.

2. Boru hattı kaynak prosedürüne ön-ısıtma ve kaynak sonrası ısıtma işlemi gibi özel önlemlerin dahil edilmesi koşuluyla, kimyasal bileşimde değişimlere izin verilebilir.

3. Boru hattı bileşenleri; dövme, boru seksiyonlarının sıcak veya soğuk şekillendirilmesi, çelik levha veya şeritlerin preslenmesi, döküm olarak üretilir.

4. TL, üretim prosedürlerinin vasıflandırılmasını isteyebilir.

5. Eğer boru hattı bileşenleri kaynakla üretilbiliyorsa, Bölüm 6, B.1.3'e göre ayrıntılı bir kaynak prosedürü spesifikasyonu hazırlanacaktır.

6. Aşağıdaki durumlarda, şekil verilen bileşenlerin ısıtma işlemi tabi tutulması gereklidir:

- Akma mukavemeti 360 N/mm^2 'ye kadar olan çelik kaliteleri için soğuk deformasyon derecesi %5'i veya daha yüksek mukavemetli çelikler için %3'ü aşıyorsa,

- Sıcak şekillendirme sırasında, malzeme yapısı belirtilen malzeme özellikleri istekleri karşılamayacak derecede değişmiş ise.

7. Borulardan, levhalardan, şeritlerden ya da dövme olarak üretilen bileşenlerin gövdelerinin iç yüzey işleme istekleri ve kaynak kusurları kabul kriterleri, B.17’de hat boruları için belirtilen şekilde olacaktır.

8. Dökümlerin dış ve iç yüzeyleri, manyetik parçacık veya girici sıvı testleri (sadece östenitik ve östenitik / ferritik çelik dökümler için) ve ultrasonik muayenelerle test edilecektir. Test sonuçları, EN 1559-2, EN 12680-1 ve EN 1369’daki isteklere uygun olacaktır. Yüzey çatlaklarına izin verilmez.

9. Üreticiler, B.21’de hat boruları için istenilenlere benzer üretim testlerini yapacaktır. TL, belirtilenlere ilave testlerin yapılmasını isteyebilir.

10. Valfler, ISO 14313’deki isteklere uygun olacaktır.

D. Esnek Borular

Esnek borular, buradaki kurallar kapsamında değildir.

E. Cıvatalı Bağlantılar

1. Cıvatalar, somunlar ve diğer bağlama elemanları, bağladıkları ana malzeme ile uyumlu kimyasal bileşime ve mekanik özelliklere sahip çeliklerden üretilmelidir. Cıvatalar, somunlar ve diğer bağlama elemanları, tanınmış kodlara ve standartlara göre test edilecektir.

2. Deniz suyuna maruz olan veya deniz suyu içinde yer alan cıvatalar 8.8 (ISO 989) veya eşdeğeri mukavemet düzeyinde olacaktır. Sıçrama bölgesi üzerinde kullanımı amaçlanan cıvatalar için 10.9 mukavemet düzeyi aşılmayacaktır.

3. Büyük çaplı ve/veya düşük sıcaklıklı servislerde kullanımı amaçlanan cıvatalar için çatlak dayanım testi gerekebilir.

F. Taşıyıcı Yapılarla İlgili Malzemeler

1. Boru hatlarına veya boru hattı bileşenlerinin basınçlı parçalarına doğrudan kaynaklı veya basınçlı parça olarak görev gören taşıyıcı yapıların malzemeleri, ilgili hat boruları veya bileşenleri ile ilgili isteklere uygun olacaktır.

2. Diğer taşıyıcı yapılar, yapısal eleman olarak kabul edilecektir.

G. Asitli Servis Malzemeleri

1. Asitli servisle ilgili istekler; akışkanın (hidrokarbon), sülfid gerilmesi çatlak (SSC) ve/veya hidrojen kaynaklı çatlak (HIC) neden olan, sıvı formda su ve hidrojen sülfid içermesi halinde uygulanacaktır.

SSC; özellikle akma mukavemetine yakın gerilme aralıklarında, yüksek mukavemetli metal tanelerine etki eden korozyon nedeniyle hidrojen üretimi durumunda oluşur. Kusur olarak; başlangıç çatlakına veya ani bir çatlakla neden olan tipik gevreme işaretleri görülür.

HIC; metalik olmayan katkılarda hidrojen atomlarının bulunması, yerleşmesi ve yeniden oluşması nedeniyle, özellikle düşük mukavemetli çeliklerde oluşabilir. HIC, kademeli çatlaklara, ve/veya yüzeye yakın kabarcıklanmaya neden olabilir.

Taşınan akışkan ile doğrudan teması olan, asitli servislerde kullanımı öngörülen boru hattı sistemlerinin tüm malzemeleri ve bileşenleri, Bölüm 6, G’deki istekleri sağlayacaktır.

2. Alaşımsız ve Mikro-Alaşımlı Çelikler

2.1 Üretim süreci

Tüm çelikler ve çelik dökümler, tamamen sakinleştirilmiş ve taneleri inceltirilmiş olacak ve normalize edilmiş, termo-mekanik olarak kontrollü haddelenmiş veya su verilmiş ve temperlenmiş durumda teslim edilecektir. Üretim; düşük kükürt ve düşük fosfor rafine prosesi ile yapılacaktır. Eriğin vakumla gazı giderilecek ve şekil kontrolü işlemine tabi tutulacaktır (tercihen kalsiyum ile haddelenmiş ve dövme ürünler için).

2.2 Kimyasal bileşim

Kimyasal analiz, ISO 12094'e göre olacaktır. Eğer NACE TM-0284'e göre yapılan hidrojen kaynaklı çatlak (HIC) testi sonucunda, asitli serviste çalışması kanıtlanırsa, daha yüksek karbon, manganez, fosfor ve kükürtlü ürünler özel olarak onaylanabilir.

2.3 Sertlik

Boru gövdesi, ısıdan etkilenen bölge ve kaynağın yüzeyinin, genişliği ve kalınlığı boyunca sertlik 250 HV 10'u aşmayacaktır.

2.4 Boruların üretimi

406,4 mm. çapa kadar olan aralıkta, sadece sıcak çekme ile üretilen dikişsiz borular kullanılacaktır. Kaynaklı borular, levha veya şeritlerden, toz altı kaynağı ile üretilmektedir.

3. Kaynak

3.1 Kaynak süreci

Bileşenlerin üretiminde, kaynaklar, aşağıdaki proseslerden birine göre yapılacaktır:

- Örtülü metal ark kaynağı (MSW),
- Gas-Tungsten ark kaynağı (GTSW),
- Gaz altı kaynağı (SAW).

Diğer kaynak prosesleri kabul edilebilir.

3.2 Kaynak tüketim malzemeleri

Bileşenlerin üretiminde aşağıdaki kaynak tüketim malzemeleri kullanılmayacaktır:

- AWS Classification E 6012, E 6013, E 7014 ve E 7024'e uygun olan elektrotlar,
- Karbon %5 molibden ve diğer karbon-alaşımı tipinde dolgu metali,

- %1'den fazla Ni içeren kaynak metali üreten elektrot, tel ve tel / flux kombinasyonları (alaşım ve mikro alaşımlı çelikler için).

3.3 Kaynak sonrası ısı işlem

Eğer et kalınlığı 20 mm'den fazla ise kaynak sonrası ısı işlem zorunludur. 20 mm.'ye eşit veya daha az olan et kalınlıkları için, 2.3'de belirtilen sertlik isteklerinin sağlandığı, kaynak prosedürü vasıflandırması ve üretim testleri ile kanıtlanabilirse, kaynak sonrası ısı işlem yapılmayabilir.

H. Kaynak Tüketim Malzemeleri

1. Genel

1.1 Kaynak tüketim malzemeleri, tanınmış sınıflandırma cetvellerine göre sınıflandırılacaktır. Yüksek mukavemetli çeliklerin kaynağında normalde düşük hidrojenli tüketim malzemeleri kullanılacaktır. Ancak, hidrojen kaynaklı çatlakları önleyen özel kaynak prosedürlerinin kullanılması koşuluyla, selülozik elektrotlar da kullanılabilir.

1.2 Hidrojen kontrollü tüketim malzemeleri, 5 ml/100 gr kaynak kaynak metali miktarını (gliserin yöntemiyle belirlendiğinde) geçmeyen dağılabilir hidrojen verecek ve tip onaylı olacaktır.

2. Kimyasal Bileşim

Kaynak metalinin kimyasal bileşimi, genel ve lokal korozyonu önlemek üzere, ana metal ile uyumlu olacaktır. Alaşım elementlerinin miktarı, emniyetli bir düzeyde tutulacaktır. Öngörülen ısı işlemler sırasında çökelme etkilerine dikkat edilecektir.

3. Mekanik Özellikler

3.1 Kaynak metalinin mekanik özellikleri, ana malzeme ile aynı istekleri sağlayacaktır. Ancak, aşırı derecede yüksek akma ve çekme mukavemetlerinden kaçınılacaktır.

3.2 Öngörülen ısı işlem nedeniyle çekme ve

dayanım özelliklerinin iyileştirilmesine özel olarak dikkat edilecektir.

4. Kaynak Tüketim Malzemelerinin Elleçlenmesi ve Depolanması

4.1 Kaynak tüketim malzemeleri; kirlenme, nem birikimi ve paslanma önlenerek şekilde işlem görecektir ve kuru koşullarda saklanacaktır.

4.2 Kaynak tüketim malzemelerinin muhafaza edildiği alanlardaki bağıl nem, daha yüksek nemin kabul edilebileceğinin kanıtları sağlanmadıkça, % 60'ı aşmayacaktır.

4.3 Tablo 6.3'de genelde önerilen depolama ve elleçleme yöntemleri gösterilmiştir. Depolama, tekrar kullanım ve tekrar kurutma üretici yönergelerine göre yapılacaktır.

Tablo 6.3 Kaynak tüketim malzemelerinin elleçlenmesi ve depolanması

Tüketim malzemesi tipi	Hava geçirmez olarak sızdırmaz olan konteynerlerin depolanması	Açık konteynerlerin depolanması
Örtülü elektrotlar - düşük hidrojenli tip - selülozik tip	20-30°C (1) 20-30°C (1)	100°C (2) 20-30°C (1)
Gaz altı kaynağı için flux	20-30°C (1)	70°C
(1) Sıcaklık, ortamı 5 °C'dan fazla aşmayacaktır. (2) Kullanım için çekildiğinde, elektrotlar ısıtılmış kaplarda tutulacak ve normalde 4 saat içinde kullanılacaktır.		

BÖLÜM 7**KAYNAK VE TAHRİBATSIZ TESTLER****Sayfa**

A.	Genel	7- 1
B.	Kaynak Prosesleri ve Tüketim Malzemeleri	7- 1
C.	Kaynak Yöntem Testleri	7-
D.	Kaynakçı Yeterlilik Testleri	7-
E.	İşçilik	7-
F.	Kaynakların Tahribatsız Testleri ile İlgili İstekler	7-
G.	Tahribatsız Muayene Yöntemleri	7-

A. Genel

1. Bu bölümde; üretim yerlerinde, iş alanında ve gerek su altında gerekse su üstünde sahada yapılan kaynaklarla ilgili minimum gerekler verilmektedir. Genelde montaj kaynağı olarak anılan saha kaynakları ISO 13847'ye veya eşdeğerine göre yapılacak ve ön-üretim, montaj bağlantı ve onarım kaynakları dahil, deniz altı boru hatları ve düşey boruların, üretim, yapım ve montaj kaynaklarını içerecektir. Bu bölümde ayrıca, bu kaynakların tahribatsız testleri ile ilgili istekler de yer almaktadır. Kaynakların tahribatsız testleri (NDT) ile ilgili kabul kriterleri Ek B'de verilmiştir.

2. Hat borularının üretimi sırasında yapılan kaynaklar ISO 3183-3 veya eşdeğerlerine göre olacaktır.

3. Burada isteklerden istisnalar veya sapmalara, her durumda **TL**'nin onayı ile izin verilir.

4. Tüm montaj kaynakları, saha uygulamaları için güvenilir ve uygun olduğu kanıtlanmış donanım kullanılarak yapılacaktır.

5. Tüm kaynak prosedürleri ve kaynak onarım prosedürleri spesifikasyonlarda dokümanite edilecektir.

6. Kaynak işleri vasıflı personel tarafından, vasıflı bir kaynak gözetmeni gözetiminde yapılacaktır.

7. Tüm kaynaklar, buradaki isteklere göre, tahribatsız testlere tabi tutulacaktır.

8. Kaynak prosedürlerinin, kaynakçıların vasıflandırılması ile ilgili mekanik ve teknolojik test prosedürleri ve test parçası boyutları, ISO 13847'de veya eşdeğerinde belirtilen şekilde olacaktır.

B. Kaynak Prosesleri ve Tüketim Malzemeleri**1. Kaynak Prosesleri**

Bu bölümde belirtilen istekler, aşağıdaki kaynak proseslerine uygulanır:

- Örtülü elektrotlar kullanılarak yapılan el ark kaynağı,
- Koruyucu gazla solid tel veya flux özlü tel kullanılarak yapılan otomatik veya yarı-otomatik gaz ark kaynağı,
- Solid çubuk veya tel kullanılarak yapılan tungsten asal gaz kaynağı,
- Tekli veya çoklu tel veya flux kullanılarak yapılan gaz altı ark kaynağı,

- Malzeme kalitesi, kalite istekleri ve çalışma koşulları yönünden uygunlukları esas alınarak TL tarafından onaylanan diğer özel kaynak prosesleri.

Islak kaynaklar, buradaki kurallar kapsamında değildir. Sadece geçici nitelikte olmak üzere, emercensi onarımlar için çubuk elektrotlar kullanılarak yapılan kaynak prosedürleri TL tarafından değerlendirilebilir. Basıncı donanım için ıslak çubuk kaynağı kabul edilmez.

2. Kaynak Tüketim Malzemeleri

2.1 Kaynak tüketim malzemelerinin özellikleri, kaynaklı birleştirmelerin, Bölüm 6'da belirtilen malzemelerle aynı özelliklere sahip olmasını sağlamak üzere hat borularını ile uyumlu olmalıdır.

2.2 Hat borularından daha yüksek çekme mukavemetine sahip malzemelerin kullanımı TL onayına tabidir.

2.3 Farklı özelliklere sahip hat borularını birleştiren kaynaklar için, daha düşük özelliklere sahip hat boruları ile uyumlu tüketim malzemelerinin kullanımı yeterlidir.

2.4 Soğuk çatlamaya karşı yeterli emniyet sağlayan özel kaynak teknikleri kullanılmadıkça, yüksek mukavemetli çelikler düşük hidrojenli tüketim malzemeleri ile kaynatılacaktır.

2.5 Tüm kaynak tüketim malzemeleri ve yardımcı malzemeler, tanınmış standartlara göre üretilecek, test edilecek ve sınıflandırılacak ve TL tarafından onaylanacaktır.

2.6 Kaynak tüketim malzemelerinin elleçlenmesi ve depolanması Bölüm 6, H.4'deki isteklere öre olacaktır.

C. Kaynak Yöntem Testleri

1. Kaynak Prosedür Spesifikasyonu

Montaj sırasında kullanımı öngörülen her tip kaynak için kaynak işlerini yapan kuruluş, asgari olarak aşağıda belirtilen bilgileri içeren bir kaynak prosedür spesifikasyonu verecektir:

- Projenin adı,
- Hat borusu malzeme spesifikasyonu,
- Çap borusu malzeme spesifikasyonu,
- Çap ve et kalınlığı,
- Kaynak ağızı dizaynı ve ağız hazırlama,
- Kaynak prosesi veya kaynak prosesi ile prosesin otomasyon düzeyinin kombinasyonu,
- Kaynak tüketim malzemeleri, ticari adı ve üreticisi, boyutları ve onayı,
- Örtücü gaz, bileşim, karışım ve akış oranı, destekleyici gaz,
- Kaynak parametreleri, akım ve gerilim aralığı, akım ve polarizasyon tipi, hareket hızı, ısı girdisi, tel hızı, osilasyon, çıkma boyu, tel sayısı, tungsten elektrot, vb.,
- Paso sayısı ve sırası, kaynağın yapılışı,
- Kaynak pozisyonu,
- Kaynak doğrultusu (yukarı doğru, aşağı doğru),
- Geçici sırtlık ve tipi,
- Alıştırma yöntemi (iç veya dış alıştırma kelepçesi), kelepçe tipi ve basıncı, kelepçelerin

bırakılmasından önce minimum kaynak pasosu sayısı,

- Her paso için kaynakçı sayısı,
- Pasolar arasındaki zaman,
- Ön-ısıtma sıcaklığı ve ön-ısıtma yöntemi,
- Pasolar arası sıcaklık,
- Kaynak sonrası ısıtma işlemi,
- Kaynaktan önce, kaynak arasında ve kaynak sonrasında kullanılan takımlar ve temizleme yöntemi,
- Su altında hiperbarik kaynaklar için, su derinliği, doğal ortam (gaz bileşimi, basınç, bağıl nem, sıcaklık) ve punta kaynağı verileri.

2. Vasıflandırma Testi Birleştirmelerinin Kaynağı ve Testleri

2.1 Kaynak prosedürü, montaj kaynağı başlamadan önce nitelendirilecektir. Nitelendirme testi, montaj kaynağında kullanımı öngörülen kaynak donanımı ile aynı veya eşdeğer donanım kullanılarak yapılacaktır. Test örnekleri, montaj sırasında geçerli olanlara benzer hava koşullarında sahada veya montaj gemisinde kaynatılacaktır.

2.2 Test örnekleri, monte edilmesi öngörülen hat borusu partisinden kesilecek ve üretim sırasındaki gerçek sınırlamaları ve ankastrelik koşullarının simüle edilmesine yeterli uzunlukta olacaktır. Örnekler, karbon miktarları ve karbon eşdeğerleri, belirtilen kimyasal bileşimin yüksek taraftaki sınıra yakın olacak şekilde seçilecektir.

2.3 İlgili tüm kaynak verileri uygun şekilde kaydedilecektir. Kaynak parametrelerinin ölçümü, uygun şekilde kalibre edilmiş cihazlarla yapılacaktır.

2.4 Kaynağın yapılması, gözle muayene, tahribatsız muayene ve mekanik testler TL gözetimi altında gerçekleştirilecektir.

2.5 Elle yapılan üretim kaynaklarının nitelendirilmesi için, bir test kaynağı yeterlidir. Yarı-otomatik veya otomatik / mekanize kaynaklar için, birbirini takip eden iki test kaynağı yapılacaktır. Her iki durumda da test kaynakları, test örneklerinin tüm çevresinde uygulanacak ve onaylı kaynak prosedürü spesifikasyonuna göre yapılacaktır.

2.6 Kaynak onarım prosedürlerinin nitelendirilmesi, üretim kaynaklarına uygulanan spesifikasyonlara göre yapılan ve tahribatsız testlere tabi tutulan kaynaklarda yapılacaktır. Test onarımları, 300 mm.'den az olmamak üzere, borunun çevresinin en az %30'una eşit bir boyda, öngörülen kaynak onarım prosedürüne göre yapılacaktır.

2.7 Kaynaktan ve kaynak sonrası ısıtma işleminden sonra, her test kaynağı, tüm boylarında görsel muayeneye ve tahribatsız testlere tabi tutulacaktır. Tahribatsız testler normalde radyografik veya ultrasonik testler olarak yapılacaktır. Gaz metal ark kaynağı uygulamasında, test kaynağı, ultrasonik testle muayene edilecektir. Minimum akma mukavemeti 445 MPa ve daha yüksek olanlar, yüksek alaşımlı çelikler, dövme çeliklerden yapılan hat boruları arasındaki test kaynakları ve test onarım kaynakları, eğer çelik ferritik olmayan malzemeden veya manyetik permeabilitesinde önemli değişimler olan malzemeden yapılmışsa, girici sıvı testi ile, ferritik malzemeden yapılan çelikler ise manyetik parçacık testi ile muayene edilecektir.

2.8 Tahribatsız testler, burada belirtilen isteklere göre yapılacaktır. Kaynak muayenesindeki kabul kriterleri Ek B'de verilmiştir.

2.9 En az bir test kaynağı, mekanik testlere tabi tutulacaktır. Testlerin tip ve adetleri Tablo 7.1'de verilmiştir. Test parçalarının alınma yerleri, çevre kaynakları için Şekil 7.1'de, onarım kaynakları için Şekil 7.2'de gösterilmiştir.

Tablo 7.1 Kaynak prosedürü nitelendirilmesi için mekanik ve teknolojik testlerin adedi ve tipi

Test birleştirmesi		Test adedi						
Et kalınlığı [mm]	Dış çap [mm]	Enine kaynak çekme	Kök eğme	Alın eğme	Yan eğme	Kaynak metali çekme (2)	Çentik darbe örnekleri (3) (4) (5)	Sertlik ve makro kesit
6,35 ≤ 12,7	≤ 300	2	2	2	0	1	4	2
>12,7	> 300	4	4	4	8 (1)	1	4	2
≥ 20,0	≤ 300	2	0	0	4	2	4	2
	> 300	4	0	0	8	2	4	2
(1) Yan eğme yerine kök ve alın eğme testleri kullanılabilir. (2) Çelik kalitesi 445 – 480 olanlar ve yüksek alaşımlı çeliklerden yapılan yüksek mukavemetli borularda, çelikler farklı kaynak tüketim malzemeleri ile kaynatılıyorsa, kaynak metali çekme testi yapılacaktır. (3) Her çentik darbe örneği, 3 adetten oluşur. (4) Darbe testleri; ana/boru malzemesinin test sıcaklığında; erime hattında, erime hattından 2 mm. ve 5 mm. mesafede, kaynak metalinde yer alan V-çentik ile yapılacaktır. (5) Çeşitli kaynak prosesleri veya tüketim malzemeleri kullanıldığında test edilen bölge, tüm kaynakları temsil etmiyorsa, darbe testi, ilgili kaynak bölgelerinde yapılacaktır.								

2.10 Test kaynaklarının mekanik özellikleri aşağıdaki istekleri sağlayacaktır:

- Kaynağın azami çekme mukavemeti, en az hat borusu malzemesinin azami kopma mukavemetine kopma mukavemetine eşit olacaktır. Farklı çelik kalitelerinin kaynatıldığı hallerde, kaynağın azami çekme mukavemeti en az, daha düşük kalitenin azami çekme mukavemetine eşit olacaktır.
- Kılavuzlu eğme testlerinde, 3 mm.'yi aşan kusurlar oluşmamalıdır. Belirgin kusurlarda bağlantılı değilse, örneğin uçlarında oluşan, 6 mm. daha kısa olan küçük çatlaklar ihmal edilebilir.
- Kaynağın ve ısıdan etkilenen bölgenin ortalama ve tekil çentik dayanımı en az, hat borusu malzemesi için belirtilene eşit olacaktır.
- Farklı kalitedeki çeliklerin kaynağında, darbe testleri, kaynağın her iki tarafındaki ısıdan etkilenen bölgeden alınan örnekler kullanılarak yapılacaktır. Kaynak metalinin dayanım gerekleri,

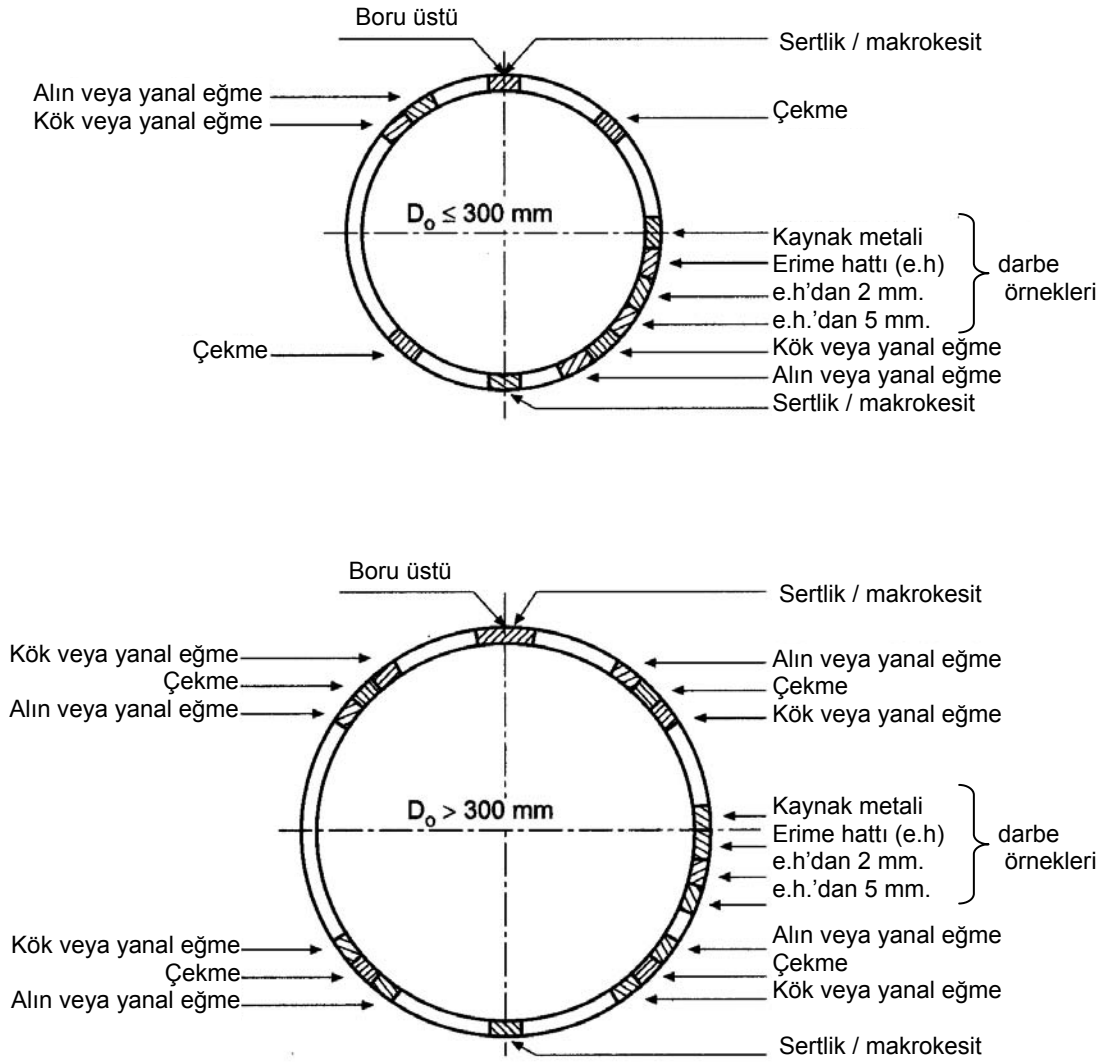
en az, hat borusu örneklerinin daha ağır olanına eşit olacaktır.

- Maksimum sertlik, hat borularının veya boru hattı bileşenlerinin kaynağı için Bölüm 6'da verilen sınırları aşmayacaktır.
- Makro kesit, Ek B'de verilenleri geçmeyen kusurlarla, düzgün bir kaynak ve boruya düzgün bir geçiş gösterecektir.

2.11 Hatalı hazırlama nedeniyle kabul kriterlerine uygun olmayan test parçaları ihmal edilir ve yenisi ile değiştirilir.

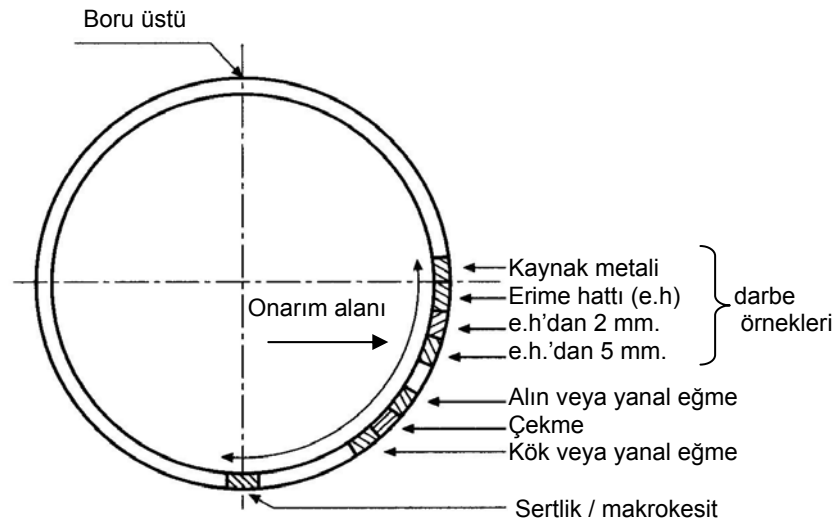
3. Kaynak Prosedürü Nitelendirilmesinin Geçerliliği

3.1 Nitelendirilen kaynak prosedürü, belirtilen temel değişkenleri öngörülen sınırlar içinde kaldığı ve üretim testleri düzenli olarak yapıldığı sürece geçerliliğini koruyacaktır. Değişkenlerin herhangi birinin kabul edilen sınırların dışına çıkması halinde, kaynak prosedürü geçersiz hale gelir ve yeniden nitelendirilmesi gerekir.



Not : Test örneklerinin işaretlenen yerleri 2G, 5G ve 6G kaynak pozisyonları için kullanılacaktır. 1G pozisyonunun nitelendirilmesi için örnek pozisyonları isteğe bağlıdır.

Şekil 7.1 Çevre kaynak prosedürü nitelendirilmesi için test parçalarının alınması



Şekil 7.2 Onarım kaynağı prosedürü nitelendirilmesi için test parçalarının alınması

3.2 Temel değişkenler ve değişkenlerin kabul sınırları API 1104 ve Bölüm 7, C.3.3'de belirtildiği şekilde olacaktır.

3.3 Aşağıda belirtilen temel parametrelerin herhangi birinde değişim olursa, onaylı üretim ve onarım kaynağı prosedürü spesifikasyonları yeniden nitelendirilecektir:

a) Ana malzeme:

- Bir malzeme grubundan diğerine değişim (API 1104'de belirtilen şekilde),
- Belirtilen karbon eşdeğerinde %0,05'den fazla artış,
- Asitli servise değişim,
- Bir tip alaşımlı çelikten diğer bir tipe değişim.

b) Çap

aşağıda belirtilen aralıklardan birinden diğerine çap değişimi: $OD \leq 100 \text{ mm.}$, $100 \text{ mm.} < OD \leq 300 \text{ mm.}$ ve $OD > 300 \text{ mm.}$

c) Et kalınlığı

t, test birleştirmesinin nominal et kalınlığı olmak üzere, et kalınlığının $0,75 t \div 1,5 t$ aralığı dışına değişimi.

d) Kaynak ağızı dizaynı

- Kaynak ağzında $+15^\circ \div -10^\circ$ 'den fazla değişim.
- Kök aralığı veya altında $\pm 20^\circ$ 'den fazla değişim.

e) Kaynak prosesi

Herhangi bir değişim.

f) Kaynak tüketim malzemeleri

Fluxların, sıcak ve soğuk tellerin ilave veya çıkarmaları dahil tip, sınıflandırma, çap ve markalarındaki değişimler.

g) Gaz koruması

Gaz karışımı, bileşimi ve akış oranındaki değişimler.

h) Kaynak pozisyonu

Tablo 7.2'de belirtilmeyen bir temel pozisyona değişim.

Tablo 7.2 Nitelendirilen kaynak pozisyonları

Test pozisyonu (1)	Nitelendirilen kaynak pozisyonları (1)
1G	1G
2G	1G, 2G
5G	1G, 5G
2G+5G	Tüm pozisyonlar
6G	Tüm pozisyonlar
(1) 1G : aşağı doğru 2G : yatay 5G : yatay boru ekseninde tavan 6G : 45° boru ekseninde tavan	

i) Kaynak doğrultusu

- Aşağıya doğru düşeyden, yukarıya doğru düşeye veya tersine değişim.
- Pozisyon kaynağından döndürerek kaynağa veya tersine değişim.

j) Kaynak parametreleri

- Akım tipi ve polarizasyonda değişimler.
- Amperajın $\pm 15\%$ 'in üzerindeki değişimi.
- Gaz metal ark kaynağı için gerilimin $\pm 15\%$ 'in diğer kaynak prosesleri için $\pm 10\%$ 'un üzerinde değişimi.
- Hareket hızının $\pm 10\%$ 'un üzerinde değişimi.
- Isı girdisinin $\pm 15\%$ 'in üzerinde değişimi.
- Yarı-otomatik veya mekanize gaz metal ark kaynağı için tel hızında, osilasyon genişliğinde ve frekansta önemli değişimler.

k) Paso sayısı ve kaynak tekniği

- Kaynak pasosu sayısının +%20'nin üzerinde değişimi.
- Elektrot çapının 3 katından fazla, boyuna dikişten örgüye değişim.

l) Kaynak pasoları arasındaki zaman süreci

Kök paso ile sıcak / ilk dolgu pasosu arasındaki zaman sürecindeki önemli artışlar.

m) Kaynakçı sayısı

Kök ve sıcak / ilk dolgu pasolarındaki kaynakçı sayısının azalması.

n) Ön ısıtma

Minimum ön ısıtma sıcaklığının azalması.

o) Pasolar arası sıcaklık

Maksimum pasolar arası sıcaklığın artması.

p) Kaynak sonrası ısıtma işlemi

Belirlenen sıcaklığın $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 'den fazla değişmesi ve tutma süresinin azalması.

q) Hiperbarik kaynak için ortam verileri

- Su derinliğinin ± 20 m.'den fazla değişimi.
- Doğal ortamdaki bağıl nem'in ± 15 'den fazla değişimi.
- Doğal ortam atmosferindeki önemli değişimler.

3.4 Kaynak spesifikasyonunun, mekanik ve teknolojik testlerin kapsamı, parametreleri ve sonuçlarının 7, C'de verilen isteklere uygun olması halinde, diğer tanınmış klas kuruluşlarının gözetiminde ve belgelendirmesi dahilindeki kaynak prosedür nitelendirmeleri, TL tarafından kabul edilebilir.

4. Nitelendirme Test Kayıtları

Kabul edilen kaynak prosedür nitelendirme testleri ile ilgili kayıtlar ve onaylar, kaynakları yapan kuruluş tarafından düzenlenecek ve asgari olarak Bölüm 7, C.1'de belirtilen tüm verileri, Tablo 7.1'de belirtilen mekanik ve teknolojik testlerin tüm sonuçlarını ve aşağıdaki ilave bilgileri içerecektir:

- Kaynakçıların adı ve belirleyici numarası,
- Test kaynağının yapıldığı yer ve tarih,
- Test laboratuvarının adı,
- Kaynak gözetmeninin adı ve imzası,
- TL sürveyörünün adı ve imzası.

D. Kaynakçı Yeterlilik Testleri**1. Genel**

Kaynakların yapılması için görevlendirilen tüm kaynakçılar ve onarım kaynakçıları, montaj sırasında öngörülenlere benzer koşullarda yeterlilik testlerine tabi tutulacaktır. Yeterlilik testleri, ISO 13847 veya eşdeğerine göre yapılacaktır. Kaynakçı yeterlilik test sertifikası TL veya diğer bir tanınmış klas kuruluşu tarafından düzenlenecektir.

2. Yeterlilik Testi

2.1 Yeterlilik testinden önce, kaynak yüklenicisi TL'na, kişisel verileri ve önceki vasıfları belirtir bir kaynakçı kaydı verecektir. Her kaynakçıya bir belirleyici numara verilecektir.

2.2 Kaynakçılar, ilgili teorik ve pratik eğitim programından geçmiş olmalıdır.

2.3 Kaynakçılar, nitelendirilmiş kaynak prosedürü spesifikasyonlarını kullanarak, kabul edilebilir kaynaklar yapabildiklerini kanıtlayarak nitelendirilecektir.

2.4 Kaynakçılar; çapları 300 mm.'den küçük hat borularından yapılan test örneklerin tüm çevresinde veya çapları 30 mm.'den büyük hat borularından yapılan test örneklerinin en az yarı çevresinde kaynak yapmak suretiyle, boruların gerekli ana pozisyonlarda tek taraflı alın kaynağı için nitelendirilecektir.

Onarım kaynakçıları, boru çevresinin en az %30'unda arkla oyarak ve taşıyarak orijinal kaynağı kaldırdıktan sonra, tüm kalınlıkta onarım kaynağı yapacaktır. Kaynak yüklenicisinin talebi halinde kısmi kalınlıkta onarım için nitelendirme yapılabilir.

2.5 Yeterlilik testleri, sahada veya montaj gemisinde montaj sırasında kullanılanlarla aynı veya eşdeğeri kaynak donanımı ile yapılacaktır.

2.6 Yeterlilik testleri, normalde gözle ve radyografik veya ultrasonik muayenelerle kontrol edilecektir.

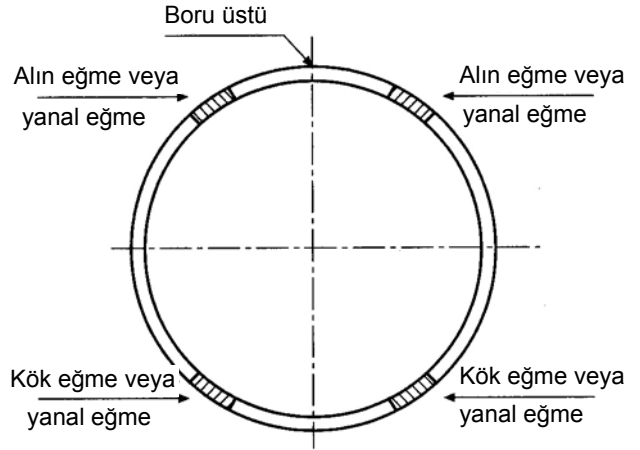
Gaz metal ark kaynağı veya gaz tungsten ark kaynağı proseslerinin kullanıldığı hallerde, test kaynağı örnekleri, ilave olarak eğme testleri veya makrokesit testlerine tabi tutulacaktır. Yapılacak testlerin tipi ve adedi Tablo 7.3'de verilmiştir. Örneklerin alınacağı yerler Şekil 7.3'de gösterilmiştir.

Tablo 7.3 Kaynakçı yeterlilik testleri için testlerin tipi ve adedi

Et kalınlığı [mm]	Alın eğme testi	Kök eğme testi	Yanal eğme testi	Makro kesit (1)
< 20,0	2	2	0	4
≥ 20,0	0	0	4	4
(1) Eğme örneği yerine makro kesit alınabilir.				

2.7 Tamamlanmış test kaynakları, Bölüm 6, B.8'de belirtilen eğme testleri ile ilgili istekleri ve burada belirtilen tahribatsız testler ile ilgili istekleri sağlayacaktır.

2.8 Kaynakçının yeterlilik testinden geçmemesi halinde, test tekrarlanabilir. Bu tekrar testinden de geçemeyen kaynakçı, yeni bir yeterlilik testine tabi tutulmadan önce, gerekli uzmanlık düzeyine ulaşması bakımından yeterli bir eğitime tabi tutulacaktır.



Şekil 7.3 Kaynakçı yeterlilik testi için test örneği yerleri

3. Yeterlilik Test Sertifikasının Geçerliliği

3.1 Yeterlilik testinin başarılı olarak tamamlanması durumunda, TL kaynakçının yeterlilik testini geçtiğini belirtir bir sertifika düzenleyecektir. Bu sertifika, kaynak gözetmeni tarafından 6 ay'ı geçmeyen aralıklarla imzalanması ve aşağıdaki koşulların sağlanması halinde, sertifikada belirtilen tarihten itibaren iki yıl süre ile geçerli olacaktır:

- Kaynakçılar, makul bir süreklilikle, sertifikada belirtilen kapsamda kaynak işlerinde çalıştırılacaktır. 6 ay'ı geçmeyen kesintilere izin verilir.
- Kaynak işlerinin yapılması ile ilgili olarak, kaynakçıların uzmanlığı hakkında kuşku duyulacak bir durum söz konusu olmayacaktır.

Eğer, bu koşullardan herhangi birine tam olarak uyulmazsa, sertifikanın geçerliliği sona erecek ve geri alınacaktır.

3.2 Sertifika, sadece sertifikada belirtilen parametreler ve sınırlar dahilinde geçerlidir. Aşağıdaki temel değişkenlerde bir değişim olması halinde, yeni bir yeterlilik testi gerekli olacaktır.

- Kaynak prosesinde değişim,
- Kaynak doğrultusunda değişim,

- El kaynağında, bazikten selüloziğe veya tersine kaynak tüketim malzemelerinde değişim,
- Aşağıda belirtilen çap gruplarının birinden diğerine değişim: $OD \leq 100$ mm., $100 < OD \leq 300$ mm., $OD > 300$ mm.,
- Et kalınlığının $6,35$ mm. $\leq t \leq 12,70$ mm.'den $t > 12,7$ mm.'ye değişimi,
- Ana kaynak pozisyonunda, sertifikada belirtilene göre değişimler,
- Kaynak ağızı dizaynında önemli değişim (örneğin; V'den Y'ye).

4. Hiperbarik Kaynak İşlerinde Çalışacak Kaynakçılar ile İlgili Özel İstekler

4.1 Hiperbarik koşullarda çalışan kaynak personelinin yeterliliği için Bölüm 7, D.2'deki istekler esas alınacaktır. ayrıca, aşağıdaki ilave koşullar uygulanacaktır.

4.2 Test kaynakları, ilgili çalışmadaki gerçek koşullar simüle edilerek yapılacaktır.

4.3 Kaynak personeli, hiperbarik kaynaklar için nitelendirilmeden önce ilgili su üstü yeterlilik testinden geçmiş olacaktır. Testten önce, kaynakçılara; basıncın, sıcaklığın, nemin ve atmosferin kaynağın yapılması ve kalitesi üzerindeki etkileri hakkında yeterli eğitim verilecektir.

4.4 Kaynakçıların nitelendirilmesinde; görsel, teknolojik, radyografik, manyetik parçacık ve girici sıvı muayene ve testleri esas alınacaktır. teknolojik testlerin tipi ve adedi Tablo 7.3'de verildiği gibi olacaktır.

4.5 Kaynakçıların nitelendirilmesinin, doğal ortamdaki su derinlikleri veya ortam koşulları yönünden geçerliliğinde, kaynak prosedürü nitelendirilmesinin kapsamı ve geçerliliği esas alınacaktır. örtülü elektrotlardaki değişimler, yeniden nitelendirmeyi gerektirir.

4.6 Eğer kaynak işleri 3 aydan fazla bir süre kesintiye uğrarsa, hiperbarik kaynakçıların sertifikalarının yenilenmesi gereklidir. Yeniden testlerde, en az, belirtilen kaynak pozisyonunda yaklaşık 300-400 mm. kaynak boyu ile bir test parçasının kaynağı yapılacaktır. Test kaynağı, görsel ve radyografik olarak muayene edilecektir. Eğer kesinti süresi 6 ay'ı aşarsa, yeni bir yeterlilik testi yapılacaktır.

4.7 Su altında kaynak yapacak personel, dalma ve su altında yaşamda kalma teknikleri yönünden eğitilecektir. Ayrıca, su altında kaynak yapan personel, ilgili dalma faaliyetleri için tıbbi sertifikalara sahip bulunacaktır.

E. İşçilik

1. Genel

1.1 Tüm montaj kaynakları, vasıflı kaynakçılarla, nitelendirilmiş kaynak prosedürleri kullanılarak ve uygun kaynak donanımı ile yapılacaktır.

1.2 Ağız açılmış boru uçları, kaynak kalitesini etkileyebilecek olan nem, yağ, gres, pas ve diğer zararlı maddelerden arınmış olacaktır.

1.3 Kaynaklar, çekme ve elleçleme sırasında veya montaj gemisinin hareketinin sonucu olarak plastik akmayı ve çatlamayı önlemek üzere, birleştirme yeterli mukavemete sahip olmadan önce sona erdirilmeyecektir. Kesintilerden sonra tekrar kaynağa başlamadan önce, öngörülen en az ön ısıtma sıcaklığına kadar ön ısıtma yapılacaktır.

1.4 Düşey boruların ve boru hatlarının konumlandırılmasında kullanılan destekler, bağlantı parçaları ve kaldırma düzenleri normalde dairesel dabilin üzerine kaynatılacaktır.

2. Üretim Test Kaynakları

Montaj sırasında üretim test kaynakları gerekli olabilir. Testler, mümkün olduğunca gerçek kaynağı temsil edecek şekilde yapılacak ve ilgili pozisyonda tam bir birleştirme kaynağını kapsayacaktır.

Üretim test kaynakları için, Tablo 7.1’de belirtilen testlerin yarısı yapılacaktır. Darbe testi örnekleri; prosedür nitelendirme testleri sırasında en düşük ortalama enerji emilimi gösteren yerde, kaynak metalinden ve ısıdan etkilenen bölgeden alınacaktır.

3. Montaj Kaynaklarının Onarımı

3.1 Kabul edilemez kusurları bulunan boru ve kaynaklar Bölüm 7, E.3.2 ve 3.3’de belirtilen şekilde onarılacaktır.

3.2 Kaynak dışındaki kusurlar sadece taşlama ile onarılabilir. Eğer taşlama, kalan et kalınlığını minimum kalınlığın altına düşürürse, kusurlu boru seksiyonu kesilerek çıkarılacaktır. Taşlama iyi bir işçilikle ve boru yüzeyine düzgün geçişle yapılacaktır.

3.3 Kaynaktaki kusurlar, taşlama veya oyma ve kaynakla onarılabilir. Onarım kaynağı spesifikasyonu hazırlanacak ve Bölüm 7, C.1’de belirtilenlere ilave olarak aşağıdaki bilgileri sağlayacaktır:

- Kusurun giderilme yöntemi,
- Kaynak alanının hazırlanması,
- Kusurun giderilmiş olduğunu doğrulamak üzere tahribatsız testler,
- İzin verilen minimum ve maksimum kaynak onarım ölçüleri,
- Tam kalınlıklı onarımda maksimum kök açıklığı.

3.4 Onarım kaynak prosedürü nitelendirilecektir. Nitelendirme testleri, oluşma olasılığı bulunan onarım koşulları gerçekçi olarak simüle edilecek tarzda yapılacaktır. Örneğin;

- Tam kalınlıkta onarım,
- Boyuna bir paso ile yanma çentiklerinin dış onarımı,
- Tek paso ile iç kök onarımı,

- Tekrar onarım (Bölüm 7, E.3.10’a da bakınız).

Onarım test kaynakları, kimyasal bileşimi spesifikasyonun üst kısmında yer alan boru malzemesi kullanılarak, düşey tavan kaynağı pozisyonunda yapılacaktır.

3.5 Tam kalınlık onarımını içeren test kaynağı, gözle muayene edilecek, tahribatsız ve mekanik testlere tabi tutulacaktır (Bölüm 7, C.2’de montaj kaynağı prosedürü için istenilen şekilde). Tek pasolu test kaynakları gözle ve manyetik parçacık yöntemi ile muayene edilecek ve büyük onarımlardaki parametreler ve kaynak tüketim malzemeleri kullanılarak, iki makro / sertlik testine tabi tutulacaktır.

3.6 Onarım kaynağından önce ön-ısıtma yapılacaktır. Ön-ısıtma sıcaklığı, ana kaynak için belirtilen sıcaklığın en az 25°C üzerinde olacak ve onarım tamamlanıncaya kadar sürdürülecektir.

3.7 Büyük kusurlar, akmayı veya çatlamayı önlemek üzere birkaç kademede onarılmalıdır. İzin verilen onarım aşamasının maksimum boyu, onarım sırasında birleştirmedeki maksimum gerilme esas alınarak hesaplanacaktır. Kusur boyu daha kısa olsa dahi, onarım boyu en az 50 mm. olacaktır.

3.8 Karbon birikimini gidermek için, arka oyma işleminden sonra “çıplak metale” kadar taşlama yapılacaktır.

3.9 Çatlakların nedeni bilinmedikçe veya krater çatlağı ya da bakır ile ilgili çatlaklar gibi kaynağın küçük alanlarıyla sınırlı olmadıkça çatlakların onarımına izin verilmez.

3.10 Kaynağın tekrar onarımına sadece aşağıdaki hallerde izin verilir:

- İkinci onarımın kaynak prosedürü nitelendirilmişse,
- Tekrar onarım dolgu pasoları ile sınırlı ise ve sadece bir kez yapılır.

F. Kaynakların Tahribatsız Testleri ile İlgili İstekler

1. Kapsam

Tüm üretim kaynakları, yüzey ve iç kusurlar yönünden, bu bölümdeki isteklere göre tahribatsız testlerle muayene edilecektir.

Bu bölümde belirtilen testlerin kabul kriterleri Ek A'da verilmiştir.

2. Tahribatsız Test Yöntemlerinin Seçimi

Tahribatsız testlerle ilgili yöntemler; kaynak yöntemine, et kalınlığına, ağız şekline ve malzeme tipine bağlı olarak seçilecektir.

3. Tahribatsız Test Yöntemleri

Aşağıda belirtilen tahribatsız test yöntemleri uygulanabilir:

- Görsel muayene,
- Radyografik testler, veya
- Otomatik ya da elle yapılan ultrasonik testler,
- Manyetik parçacık muayenesi (ferritik malzemeler için), veya,
- Girici sıvı testi (ferro manyetik olmayan malzemeler ve manyetik permeabilitesinde büyük değişimler olan malzemeler için),
- Girdap akımı testi.

4. Tahribatsız Test Personelinin Yeterliliği

4.1 Tahribatsız testlerin yapılması için görevlendirilen personelin asgari yeterliliği ASNT Recommended Practice SNT-TC-1A veya eşdeğerindeki önerilere uygun olacaktır.

Sadece seviye II veya III olarak nitelendirilen personel test sonuçlarını yorumlayabilir.

4.2 TL, tahribatsız testleri yapmak üzere önerilen personelin vasıflarını inceleyecek ve uygunluklarını belirleyecektir. Bunların tahribatsız testleri yapma niteliklerinin pratik kanıtı, TL sorveyörü gözetiminde yapılacaktır.

5. Raporlama

5.1 Her kaynağın test raporu, sorumlu tahribatsız test personeli tarafından raporlanacaktır.

5.2 Her test raporunda, test sonuçlarının yanı sıra, uygulanan tahribatsız test yönteminin tanımlayan teknik veriler yer alacaktır.

5.3 Test raporları örneği, testlere başlanılmadan önce, incelenmek üzere TL'na verilecektir.

G. Tahribatsız Muayene Yöntemleri

1. Radyografik Testler İçin Genel İstekler

1.1 Testlere başlanılmadan önce, radyografik muayene yöntemini açıklayan bir test prosedürü hazırlanacaktır. Test prosedürü, asgari olarak, aşağıdaki bilgileri içerecektir:

- Radyasyon kaynağı,
- Film tipi ve ölçüleri,
- Yoğunlaştırıcı ekran,
- Işınlama tekniği,
- Test nesneleri (malzeme boyutları, kaynak prosedürleri),
- Tel penetrometrenin tipi,
- Film binfirmeleri.

1.2 Onaylı prosedür spesifikasyonunun nitelendirme testi saha testlerine başlamadan önce yapılacaktır.

1.3 Radyografik testlerle ilgili kabul kriterleri Ek B'de verilmiştir.

2. Ultrasonik Testler İçin Genel İstekler

2.1 Testlere başlamadan önce, ultrasonik test yöntemini açıklayan bir test prosedürü hazırlanacaktır.

Elle yapılan ultrasonik testlere ait test prosedürü asgari olarak, aşağıda belirtilenleri içerecektir:

- Donanım,
- Problar,
- Kalibrasyon ve test blokları,
- Yüzey durumu,
- Temas maddesi,
- Test nesnesi,
- Çap, et kalınlığı,
- Malzeme,
- Uygulanan standart.

Otomatik ultrasonik testlerin uygulanması öngörülen hallerde, aşağıda belirtilen ayrıntılar, incelenmek üzere TL'na verilecektir:

- Donanım tipi, istekler, tanımlar (uygulanan referans dokümanları, standartlar, vb).
- Özel problar- tip, adet, parametreler. Problar, kaynağın ve bitişik alanın her iki taraftan da bütünüyle taranması sağlanacak tip ve sayıda olacaktır.
- Ultrasonik donanım, kanal sayıları,
- Yüzey durumları ve temas maddesi (EN 583-1'e göre),

- Uygulama için sıcaklık aralığı,
- Kılavuzlayıcı mekanizmalar,
- Referans blokları,
- Kayıt ve raporlama yöntemi,
- Tarama şekli ve hızı,
- Kalibrasyon ve ayarlama yöntemi,

Belirli bir proje için kullanılmadan önce otomatik ultrasonik test sistemi nitelendirilecektir.

Teste başlamadan önce, her et kalınlığı ve birleştirme tipi için otomatik ultrasonik test prosedürü onay için verilecektir.

Personelin vasıflandırılması EN 473, ASTN veya eşdeğerinin isteklerine uygun olacak ve onaylı yazılı uygulama yönergelerine göre eğitim (gerekli ise) sağlanacaktır. Kabul kriterlerinin raporlanması hakkında taraflarca anlaşmaya varılacaktır. Yorumlar ve kusur analizleri ile kusur boyutlarının belirlenmesi EN 583-6'ya göre olacaktır.

Ultrasonik testler için, ECA kriterleri ile birlikte API 1104 kabul kriterleri kullanılabilir.

2.2 Onaylı prosedür spesifikasyonunun nitelendirme testi, saha testleri başlamadan önce yapılacaktır.

2.3 Hassaslık düzeyleri

Hassaslık düzeyi; çeşitli derinliklerde 1,5 mm. çapında yandan açılmış delikli yapay kusurlu halde test edilecek malzeme ile aynı özellik ve kalınlıktaki test bloğu kullanılarak belirlenecektir. Hassaslık eğrisi, en az 3 nokta alınarak elde edilecektir. İlk eko yüksekliği ekran yüksekliğinin %80'i olacaktır. Transfer düzeltmesi dikkate alınacaktır.

2.4 Ultrasonik testlerle ilgili kabul kriterleri Ek B'de verilmiştir.

3. Manyetik Parçacık Muayenesi için Genel İstekler

Yüzey kusurları yönünden kaynaklı birleştirmelerin muayenesi için, **TL** ile aksine bir anlaşma yapılmadıkça, bu yöntem tüm ferritik malzemelere uygulanabilir.

Aşağıdaki istekler göz önüne alınacaktır:

- Sabit mıknatıslı boyunduruk kullanımına izin verilmez. Ancak, etkin manyetikleştirme saha mukavemeti en az 2,0 kA/m (25 Oe) olmalı ve 5,0 kA/m'yi (62,5 Oe) aşmamalıdır.
- Manyetizasyon, çeşitli konumlarda bulunan kusurların algılanmasını sağlamak için, birbiriyle 60°'den az ve 90°'den fazla olmamak açısı yapan iki farklı doğrultuda uygulanacaktır.
- Test yüzeyleri serbest tufal, pas, kaynak sıçramaları ve diğer artıklardan arındırılmış olmalıdır. Yanlışlıklara neden olabilecek çentik, oyuk, çizik, köşe, vb. kontrol öncesi giderilecektir.
- Manyetik parçacık süspansiyonunun uygunluğu, yüzey sıcaklığı ve sıvı içindeki parçacıkların oranı yönünden üretici talimatlarına göre olacaktır. Manyetik parçacıklar siyah veya floresanlı olabilir.
- Yüksek sıcaklıklarda (55°C'nin üzeri) sadece kuru malzeme kullanılacaktır.
- Floresanlı manyetik parçacık kullanıldığında, siyah ışık şiddeti en az 800 µW/cm olacaktır.
- Temas elektrotlarının neden olduğu lokal ısınma, kurşun uçlu elektrotlar veya diğer eşdeğeri metaller kullanılarak önlenecektir. Ark izleri ve yanma izleri düzgün olarak taşlanacak ve yüzey edilecektir.
- Boru hattının işletiminin etkilenebileceği hallerde, demanyetizasyon dikkate alınacaktır.

3.1 Manyetik parçacık muayenesi prosedürü

Testlere başlanılmadan önce, manyetik parçacık muayenesi yöntemini açıklayan bir test prosedürü hazırlanacaktır. Test prosedürü asgari olarak aşağıdaki bilgileri içerecektir:

- Manyetizasyon tipi,
- Test edilen nesne (malzeme, boyutlar, kaynak prosesi),
- Manyetik parçacıkların ve süspansiyon tipi,
- Kullanılacak donanım,
- Yüzey durumu,
- Yüzey sıcaklığı,
- Manyetik alan mukavemeti.

3.2 Nitelendirme testi

Onaylı prosedür spesifikasyonunun nitelendirme testi saha testlerine başlanılmadan önce yapılacaktır.

3.3 Manyetik parçacık muayenesi ile ilgili kabul kriterleri Ek B'de verilmiştir.

4. Girici Sıvı Muayenesi için Genel İstekler

Bu yöntem tüm ferro-manyetik olmayan malzemelere ve manyetik permeabilitesi çok değişken olan malzemelere uygulanır. İstisnalar için **TL** ile anlaşmaya varılacaktır.

Aşağıdaki istekler dikkate alınacaktır:

- Kullanımı öngörülen girici sıvı takımı tanınmış bir ticari marka olmalı, etkinliği kanıtlanmış olmalıdır.
- Test yüzeyleri tufal, pas, gres, kaynak sıçramaları ve diğer artıklardan arındırılmış olmalıdır.
- Test yüzeyi sıcaklığı 15°C ile 50°C arasında

ve/veya üreticinin önerilerine göre olmalıdır. Floresans maddeler kullanıldığında, siyah ışığın şiddeti en az 800 $\mu\text{W}/\text{cm}$ olmalıdır.

- Kalma süresi ve developman süresi, test edilen malzeme tipine, devamsızlık tipine ve yüzey sıcaklığına bağlıdır. Kalma süresi 5 ile 60 dakika arasında ve developman süresi en az 7 dakika olmalıdır. Üreticinin önerileri dikkate alınacaktır.

- 50°'dan yüksek veya 15°C'dan düşük sıcaklıklı yüzeylerin testinde, test yönteminin yeterliliğini kontrol etmek üzere, uygun bir referans bloğu kullanılacaktır.

4.1 Girici sıvı muayenesi ile ilgili prosedür

Testlere başlanılmadan önce, girici sıvı muayenesi yöntemini açıklayan bir test prosedürü hazırlanacaktır. Test prosedürü asgari olarak aşağıdaki bilgileri içerecektir:

- Test maddesi (ticari adı),
- Test edilecek malzeme tipi,
- Yüzey sıcaklığı,

- Yüzey durumu,
- Kalma süresi ve developman süresi aralığı,
- Uygulanan standart.

4.2 Nitelendirme testi

Onaylı prosedür spesifikasyonunun nitelendirme testi, saha testlerine başlanılmadan önce yapılacaktır.

4.3 Girici sıvı muayenesi ile ilgili kabul kriterleri Ek B'de verilmiştir.

5. Görsel Muayene

5.1 Genel istekler

Tahribatsız testlerin yapılmasından önce görsel muayene yapılacaktır. Kabul edilemez kusurlar onarılacak ve tahribatsız test öncesi görsel olarak muayene edilecektir.

Kaynak yüzeyleri, muayeneden önce cüruf ve kaynak sıçramalarından arındırılacaktır.

5.2 Görsel muayene ile ilgili kabul kriterleri Ek B'de verilmiştir.

BÖLÜM 8**KOROZYONU ÖNEME VE KATODİK KORUNMA****Sayfa**

A.	Genel	8- 1
B.	Kaplama Sistemleri	8- 1
C.	Katodik Korunma	8- 1

A. Genel

1. Bu bölümde, boru hattı sistemlerinin korozyonu önleme hakkındaki genel kriterler verilmektedir.

Bu bölümde ayrıca, boru hattı sistemlerinin korozyonu önleme sisteminin dizaynı, montajı, izlemesi ve işletmeye alınması ile ilgili minimum istekler verilmektedir. Buradaki istekler, karbon çeliğinden yapılan boru hatlarına ve yüksek alaşımlı paslanmaz çeliklere uygulanır. Bölüm 6, A.3'e de bakınız.

Bir açık deniz tesisine veya karadaki bir tesise bağlı olan sınırlı boydaki boru hattı sistemleri, söz konusu tesisin korozyonu önleme sistemi (kanalize edilmiş akım) ile korunmak üzere dizayn edilebilir.

2. Boru hattı sistemlerinin, hem su içindeki kısımları, hem de atmosfere açık kısımları, dıştan bir kaplama sistemi ile korunacaktır.

Boru hatları, aşındırıcı akışkanların olumsuz etkilerine karşı içten bir kaplama sistemi veya çimentolama ile korunabilir.

Düşey borular, özellikle sıçrama bölgesinde olmak üzere, artırılmış korozyon payı ile birlikte, özel korozyondan korunma sistemleri ile korunacaktır.

B. Kaplama Sistemleri**1. Dokümantasyon**

Boru hattı sisteminin ömrü süresince, gerektiği takdirde,

aşağıdaki dokümanlar ve kayıtlar hazırlanacak ve hazır bulundurulacaktır:

- Test sertifikaları dahil, kaplama sisteminin spesifikasyonu, Bölüm 8, B.2.2'ye bakınız.
- Tane boyutu analizi, termal analiz, yoğunluk, nem miktarı, kuru film kalınlığı, jel süresi, stabilite ve diğer özellikleri belirten, kaplama sistemi kataloğu.
- Uygulama sırasında geçerli olan boru yüzeyinin bağlı nemi, sıcaklığı ve ortam sıcaklığı, boya katı veya tabaka sayısı, çeşitli katlar veya tabakaların uygulamaları arasındaki aralık ve kuru film kalınlığı gibi ayrıntılar dahil, kaplama sisteminin uygulama kayıtları.

2. Malzemeler**2.1 Seçim**

Boru hattı sistemlerinde kullanılacak kaplama sistemleri, örneğin ASTM, DIN veya eşdeğerleri gibi tanınmış standartlara uygun olacaktır.

Kaplama (sistemi) seçiminde, sağlık, emniyet ve çevre konularına dikkat edilecektir.

2.2 Testler

Kaplama işlerine aşlanılmadan önce, kaplama sisteminin özellikleri test edilecek ve sertifikalandırılacaktır.

Aşağıda belirtilen özellikler test edilecektir:

- Darbe direnci,
- Sertlik,
- Aşınma direnci,
- Termal şok ve ısı yaşlanması direnci,
- Deniz suyuna direnç,
- Polimerizasyon prosesi,
- Elektrik özellikleri,
- Katodik ayrılmaya direnç,
- Elastisite ve eğilme özellikleri,
- Çekme mukavemeti ve uzama,
- Güneş ışınlamaya direnç.

3. Yüzey Hazırlığı

Yüzey pürüzlülüğü ve astar kullanımı dahil, yüzey hazırlığı, boya üreticisi spesifikasyonuna göre olacaktır.

Boru yüzeyinin hazırlığı en az, ISO 8501-1 veya DIN 55928'de belirtilen Sa 2 1/2 kalitesine eşit olacaktır.

Belirlenen yüzey hazırlığı, kaplama sistemi uygulaması boyunca sağlanacaktır.

4. Korozyon Kaplaması Sistemlerinin Muayene ve Testleri

Tüm kaplama sistemleri; ISO, ASTM veya eşdeğeri gibi tanınmış standartlara göre muayene ve kabul testlerine tabi tutulacaktır.

Bu testler, en az, şunları içerecektir:

- Çizikler, çökmeler, kesintiler, kabarcıklar, vb. yönünden gözle muayene,
- Kalınlık ölçümleri,

- Kusur algılama,
- Yapışma testleri,

C. Katodik Koruma

1. Genel

Katodik koruma, genelde B'de açıklanan koruyucu kaplama (sistemi) ile birlikte, deniz suyunda veya tuzlu çamur tabakasında bulunan deniz altı boru hattı sistemlerinin dış yüzeylerinin korozyona karşı korunması için kullanılır.

Çevredeki aşındırıcı ortama karşı çelik yüzeyi yalıtım üzere boru hattının dış yüzeyine korozyonu önleyici kaplama uygulanır.

Katodik sistem; kaplamadaki hasar veya kusurlar nedeniyle aşındırıcı ortama doğrudan maruz olan boru hattı kısımlarının yeterince korunmasını sağlar.

Katodik koruma, tüttyalar veya kanallı edilmiş akım vasıtasıyla, boru / elektrolit potansiyelini düşürmek üzere boru hattının dış yüzeyini yeterli doğru akım vererek sağlanır.

2. Dokümantasyon

2.1 Dizayn kriterlerini, yöntemlerini ve hesaplamaları, anot malzemesi ve akım ile ilgili istekleri tanımlayan bir katodik koruma dizayn raporu hazırlanacak ve boru hattı sisteminin ömrü boyunca muhafaza edilecektir.

Dizayn raporunda aşağıdaki ayrıntılar yer alacaktır:

a) Tüttya sistemleri için:

- Tüttyaların üretimi ile ilgili spesifikasyonları, resimler, veriler ve elektrokimyasal testler,
- Tüttyaların montajı ile ilgili spesifikasyonlar, resimler ve veriler,
- Tüttyaların bağlanma yöntemi.

b) Kanalize edilmiş akım sistemleri için:

/ deniz suyu referansa hücrelerinde).

- Test noktalarının yerleri dahil, katodik koruma istasyonlarının yerleşim resimleri,
- Gerekli tüm donanımın spesifikasyonu ve verileri (yani; rektifayer, kanalize edilmiş akım anotları, elektrik kabloları ve bunların koruma düzenleri, test noktaları, vb.),
- Katodik koruma sisteminin montajı ile ilgili spesifikasyonlar,
- Sistemin çalıştırılması ve işletmeye alınması ile ilgili spesifikasyonlar.

Genelde -1,1 V'luk negatif potansiyel sınırı tavsiye edilir.

Boyanın ayrılması, hidrojen kaynaklı gerilme çatlağı ve korozyon yorulması olasılıklarını hesaba katmak üzere potansiyelin negatif sınır daha pozitif olmalıdır. Negatif sınır dokümanla edilecektir.

Boru hattı ile deniz suyu arasındaki potansiyeli ölçmek için, aşağıdaki tipte referans elektrotları kullanılabilir:

- Doymuş KCl klomel,
- Gümüş / gümüş klorür / deniz suyu (Ag/AgCl / deniz suyu),
- Yüksek saflıkta çinko (demir oranı %0,0014'ü geçmeyen minimum %99,9'luk çinko) / deniz suyu).

2.2 Katodik koruma sisteminin montajının tamamlanmasından sonra "as-built" dokümanlar hazırlanacaktır.

2.3 Her bileşen ve tüm katodik koruma sistemi için çalışma ve bakım talimatı hazırlanacak ve muhafaza edilecektir.

3. Katodik Koruma Dizaynı için Kriterler ve Prensipler

3.1 Koruma kriterleri

Yeterli katodik koruma eldesi için, çelik deniz altı boru hattı sisteminin potansiyeli, aşağıda belirtilen değerlere getirilmelidir. Bu potansiyeller tuzlu çamura ve tuzluluk değeri binde 32-38 parçacık olan normal deniz suyuna uygulanır ve polarizasyon potansiyeli olarak kabul edilir.

Havalandırılmış deniz suyunda çeliğin korunması için kabul edilen kriter, gümüş / gümüş klorür / deniz suyu referans elektrodunda ölçülen -0,80 V'dan daha negatif olan negatif bir potansiyeldir.

Ancak, oksijensiz koşullarda (bazı deniz yatağı çamurlarında olduğu gibi), en az 0,90 V'luk bir değer tavsiye edilir.

Gerek östenitik ve gerekse östenitik – ferritik tip (dupleks) paslanmaz çeliğin korunması için, genelde -0,55 V'dan daha negatif bir potansiyel önerilir. (Ag/AgCl

3.2 Temel dizayn koşulları

Katodik koruma sisteminin dizaynında aşağıdaki temel koşullar dikkate alınacaktır:

- Korunacak deniz altı boru hattının özellikleri (yani; çap, et kalınlığı, boy güzergah, deniz dibinin durumu, tüm uzunluk boyunca sıcaklık profili, koruyucu kaplamanın tipi ve kalınlığı, öngörülen korozyon miktarı, termal yalıtım, mekanik koruma, ıslak kaplamanın kalınlığı, fittingler ve bunların koruyucu kaplamaları, vb.),
- Düşey borular ve boru hattı güzergahının kesişme yerleri ve civarındaki platformlar gibi mevcut veya öngörülen tesisler ve donanım,
- Ortam koşulları,
- Boru hattının dizayn ömrü,
- Montaj yöntemi,
- Koruma kriterleri,
- Onarım ve değiştirme için ulaşım,

- Benzer ortamlardaki katodik koruma sistemlerinin performans verileri,
- Elektrik gücünün varlığı,
- Emniyet istekleri,
- Risk değerlendirmesi.

3.3 Ortam parametreleri

Katodik koruma sisteminin dizaynı, gerekirse saha ölçümleri vasıtasıyla belirlenecek olan, aşağıdaki ortam parametrelerinin araştırılmasını içerecektir (Ek C, Bölüm C.1.1'e de bakınız):

- Güzergah boyunca deniz suyu sıcaklığı,
- Deniz suyunun ve deniz yatağının direnci,
- Deniz akıntısı hızı,
- Deniz suyunun pH değeri,
- Güzergah boyunca su derinliği,
- Boru hattı içinde sülfat azaltıcı bakterilerin (SRB) varlığı ve miktarı,
- Özellikle oksijen miktarı olmak üzere, suyun kimyasal bileşimi,
- Alandaki kaçak elektrik akımlarının varlığı.

3.4 Koruyucu akım yoğunluğu

Deniz altı boru hattının katodik koruma sisteminin dizaynında, dizayn ömrü boyunca çelik boru yüzeylerinin korunması için gerekli akım yoğunluğuna dikkat edilecektir. Aşağıdaki akım yoğunlukları dikkate alınacaktır:

- Makul bir zaman süreci içinde (1 ile 2 aylık bir süre zarfında) boru hattını polarize etmek için gerekli olan akım yoğunluğunun başlangıç, ortalama ve nihai değerleri, polarizasyonu sürdürmek için gerekli akım yoğunluğu ve

kaplamanın olası yaşlanması ve hasarlanması için gerekli akım yoğunluğu.

Dizayn akım yoğunluklarının seçiminde, benzer ortamlardaki benzeri boru hatlarından elde edilen deneyimler veya aşağıdaki değerlendirmelerle birlikte benzer alandaki saha ölçümler esas alınabilir:

- Akım yoğunluğu ihtiyacı, normalde, zamana göre sabit değildir.
- Deniz suyundaki boru hatlarının çıplak çelik alanları için, akım yoğunluğu ihtiyacı, katodik akımdan kaynaklanan kalkerli birikintilerin oluşumu nedeniyle, azalabilir,
- Boru hatlarının kaplanmış alanları için, akım ihtiyacı, kaplamanın bozulması nedeniyle zamanla artabilir.

Dizayn akım yoğunluğu ile ilgili esaslar, Ek C, Bölüm 9'da verilmiştir.

3.5 Elektriksel süreklilik

Gerekirse, boru hattı ile yardımcı çelik bileşenleri arasında, uygun bağlantı kabloları vasıtasıyla elektriksel süreklilik sağlanacaktır.

4. Katodik Koruma Sisteminin Seçimi

Deniz altı boru hatlarının korunmasında tutyalı ve kanalizé edilmiş akımlı katodik koruma sistemleri kullanılabilir.

İki sistemin seçiminde aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- Kanalizé edilmiş akım sistemi, sadece kısa boru hatlarının korunmasına uygundur.

Kanalize edilmiş akımla korunabilecek maksimum uzunluk, aşağıda belirtilenlere bağlıdır:

- normalde, boru hattının uçlarında yer alan sadece iki kanalizé edilmiş akımlı katodik koruma istasyonu konulabilir,

- dizayn ömrünün sonunda, boru hattının ortamdaki elektrolite karşı yalıtım direnci değeri,
- boru hattının et kalınlığı,
- Tutya sistemi, boru hattı sisteminin dizayn ömrü sırasında operasyonel kontrolü gerektirmez,
- Tutya sistemi, boru hattı civarındaki yapılarda girişime neden olmazken, kanalize edilmiş akım sisteminin önemli etkileri vardır.

5. Tutya Sistemlerinin Dizaynı

5.1 Tutya malzemesinin seçimi

Tutya malzemeleri alüminyum veya çinko olabilir.

Her malzeme için çeşitli kimyasal bileşimler mevcuttur. Sadece deniz suyu ve/veya deniz çamuru için, maksimum çalışma sıcaklığındaki uygulamaları başarılı sonuçlar vermiş olan alaşımlar kullanılacaktır.

Tutya malzemesinin seçiminde aşağıda belirtilenler dikkate alınacaktır:

- Çalışma sıcaklığı 50°C'yi aşan tuzlu çamurda konvansiyonel çinko alaşımı kullanılmayacaktır.
- Metal alaşımın çevre üzerine etkisi.

Tutyaların elektrokimyasal özellikleri, aşağıdaki parametreler esas alınarak belirtilecektir:

- Tutyanın maruz kaldığı koşullar (deniz suyunda veya çamurda),
- Tutya alaşımı kimyasal bileşimi,
- Boru hattı sisteminin çalışma sıcaklığı,
- Üretim yöntemi ve prosedürü.

Genelde kullanılan tutya alaşımlarının tipik kimyasal bileşimi ve elektrokimyasal özellikleri Tablo 8.1'de verilmektedir.

5.2 Tutyaların şekli ve boyutları

Deniz altı boru hatlarında kullanılan tutyalar yarım-kabuk veya parçalı bilezik şeklinde olabilir, ancak diğer tipler de kabul edilebilir.

Tablo 8.1 Çinko ve Alüminyum tutyaların kimyasal bileşimi ve elektrokimyasal özellikleri

	Al-tutya	Zn-tutya
Si	} $\leq 0,1$	-
Fe		$\leq 0,005$
Cu	$\leq 0,02$	$\leq 0,005$
Cd	-	0,025 – 0,07
Mn	0,15 – 0,5	-
Zn	2,0 – 5,0	Kalanı
Ti	0,01 – 0,05	-
Pb	-	$\leq 0,006$
In	0,01 – 0,05	-
Al	Kalan	0,1 – 0,5
Korozyon potansiyeli [V'de U_H]	-0,85	$\leq 0,8 - 0,85$
Akım kapasitesi [Ah/kg]	2700	780

Bilezik tutyalar; yarım bileziklerin veya dilimlerin borunun etrafına montajını ve sıkıca bağlantısını sağlamak üzere çelik insertlerle sabitlenecektir:

Tutyaların boyutları, aşağıda belirtilen esaslara göre seçilmelidir:

- Boru dış çapı,
- Dış korozyona kaplaması kalınlığı,
- Tutya üretim prosesi nedeniyle sınırlamalar,
- Boru hattı montaj yöntemine uygunluk,

- Ağırlık kaplaması kalınlığı.

Tutyanın dış çapı, ağırlık kaplamasınıninkinden azsa veya fazlaysa, tutya ağırlık kaplamasının dış çapına kadar her iki ucundan pahlanacaktır.

5.3 Tutya dizaynı

Tutya sisteminin dizaynında, aşağıdaki kabuller dikkate alınacaktır:

- Tutya malzemesinin tamamı, boru hattını dizayn ömrü boyunca koruyacak şekilde olacaktır,
- Tutya ömrü L, aşağıdaki eşitlikten bulunabilir:

$$L = \frac{w \cdot u}{E \cdot I_m}$$

Burada;

- L = Tutyaların etkin ömrü [yıl]
- w = Tutyaların net kütlesi [kg]
- u = Kullanım faktörü,
- E = Tutyanın tüketim oranı [kg/A/yıl]
- I_m = Ömür sırasında tutya başına ortalama akım ihtiyacı [A]
- Tutyaların verdiği akım, dizayn ömrü boyunca boru hattı sisteminin korumak için gerekli akımdan büyük olacaktır.
 - Tutyaların akım gücü akım kanunu ile verilir:
 - Tutyaların verdiği akım, dizayn ömrü boyunca boru hattı sistemini korumak için gerekli akımdan büyük olacaktır.
 - Tutyaların akım gücü akım kanunu ile verilir:

$$I = \Delta V / R_1$$

Burada;

$$\Delta V = \text{Tahrik gerilimi} = \text{tutya kapalı devre potansiyeli} - \text{polarize olmuş çelik potansiyeli [V]},$$

$$R_1 = \text{Devre direnci (genelde tutya direnci olarak alınır) [\Omega]}.$$

Tutyaların direnci aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir:

$$R_1 = \frac{0,315}{N_A} \cdot \rho$$

$$N_A = \text{Tutyanın açık yüzey alanı [m}^2\text{]},$$

$$\rho = \text{Ortam direnci [\Omega m]}.$$

- Tutyalardan boru hattının dış yüzeyine yeterli akım dağıtımını sağlamak amacıyla, tutyalar boru hattı boyunca yaklaşık olarak eşit aralıklarla yerleştirilecektir.
- Platformlar ve deniz altı donanımı gibi diğer çelik yapıların yakınındaki boru hattı sistemleri, olası girişimlerin dikkate alınması bakımından ilave tutyalarla teçhiz edilecektir.
- Mevcut boru hatları ile kesişmelerde, boru hattının koruma düzeylerinde önemli bir azalmaya neden olmamak üzere, kesişmeler civarına, her iki boru hattına da yeterli sayıda ve konumda tutyalar konulacaktır.

6. Tutyaların Montajı

6.1 Tutyaların borulara montajı

Tutyalar, boru hattının montajı sırasında kaymalar önlenecek ve boru hattı ile elektrik bağlantısı bozulmayacak şekilde, onaylı prosedüre göre boru birleştirmelerine konulacaktır.

6.2 Tutya ve boru hattı arasındaki elektriksel bağlantı

Tutyaların boru bağlantılarına kaynağı onaylı bir

prosedüre göre yapılacaktır. Kaynak; termit kaynağı, yumuşak lehimleme, sert lehimleme, pirinç kaynağı şeklinde olabilir. Bağlantının mekanik mukavemetini ve elektriksel devamlılığını kontrol etmek, kaynak prosesinin çelik boru birleşimlerinin mekanik özelliğine etki etmediğini doğrulamak ve boru cidarında çatlağa neden olmadığını kanıtlamak üzere, kaynak prosedürü nitelendirilecektir.

6.3 Montaj prosedürü

Tutylar, onaylı montaj prosedürüne göre monte edilecektir. Tutya montajı, boru kaplamasına zarar verilemeyecek şekilde yapılacaktır.

Önceden monte edilen tutyaların elektriksel bağlantısı için bağlantı kablolarının kullanıldığı hallerde, en az 4 bağlantı kullanılacaktır.

Bağlantı kablolarının minimum kesit alanı 10 mm² olacak ve mekanik hasar olasılığı en az olacak şekilde monte edilecektir. Bağlantı kablolarının uzunluğu, montaj sırasında küçük kaymalara izin verecek şekilde olacaktır.

Tutyları birleştiren kaynaklar, diğer kaynaklardan en az 150 mm. mesafede yer alacaktır.

Kablo-boru bağlantısı noktalarında, anti-korrozif boyalar, onaylı prosedüre göre onarılacaktır.

Her tutya montajının tamamlanmasını takiben, tutya ile ilgili boru bağlantısı arasındaki elektriksel devamlılık onaylı teknikler kullanılarak kontrol edilecektir. Beton ağırlıkla kaplamadaki çelik donatılar, boru bileşimi veya tutya ile elektriksel temasta bulunmayacaktır.

BÖLÜM 9

AĞIRLIK KAPLAMASI VE SAHA BİRLEŞTİRMELERİNİN KAPLANMASI

	Sayfa
A. Genel	9- 1
B. Beton için Ham Maddeler	9- 1
C. Donatılı Beton Kaplama Malzemeleri	9-
D. Ağırlık Kaplaması Uygulamaları	9-
E. Testler	9-
F. Kusurlar	9-
G. Elleçleme ve Depolama	9-
H. Saha Birleştirmeleri Kaplama Malzemeleri	9-

A. Genel

Deniz altı boruları, montaj ve işletim sırasında gerekli olan negatif sephiyenin sağlanması için, normalde beton kaplama (ceket) ile kaplanırlar.

İkinci işlev olarak, beton, mekanik darbelere karşı muhafaza sağlar.

Kendi ağırlığı nedeniyle yeterli negatif sephiyeye sahip küçük çaplı boru hatları, darbe direnci ve dış korozyona karşı koruma ile ilgili isteklerin sağlanması koşuluyla, beton kaplama olmaksızın yerleştirilebilirler.

B. Beton için Ham Maddeler**1. Çimento**

Dökme çimento üretici malzeme sertifikası ile temin edilebilir. Eğer çimento torbalar halinde temin ediliyorsa, her torbaya üreticinin adı ve çimento tipi açıkça işaretlenecektir.

Beton kaplama için ASTM C-150 veya eşdeğerinin isteklerine uygun Portland çimentosu kullanılacaktır. Deniz suyu ile kimyasal reaksiyonu önlemek üzere, C₃A miktarı %8'den az olacaktır.

2. Katkı Maddeleri

2.1 Beton kaplamada kullanılan katkı maddeleri; betonun mukavemetinin olumsuz etkileneceği ve donatım malzemesinde oluşacağı miktarlarda zararlı bileşen içermeyecektir. Alkali ile reaksiyona giren bileşenleri içeren katkı maddeleri kullanılmayacaktır.

2.2 Çakıl, demir veya baryum cevheri kullanıldığında, maksimum tane büyüklüğü 10 mm.'yi geçmeyecektir (tane büyüklüğü ve dağılımı dahil, katkılarla ilgili istekler için ASTM C-33 kullanılır. Eşdeğer standartların kullanımı da kabul edilebilir).

3. Su

Beton kaplamada kullanılan su; tuzdan, yağlardan, asitlerden, organik maddelerden ve diğer zararlı maddelerden arınmış olacaktır. Katı maddelerin toplam miktarı milyonda 3500 parçacığı aşmayacaktır. Su, kimyasal analize tabi tutulacaktır.

C. Donatılı Beton Kaplama Malzemeleri**1. Beton**

1.1 Çimento, katkı maddeleri ve su'dan oluşan betonun bileşimi; uyumluluk, tane yoğunluğu,

mukavemet ve çelik donatıların korozyona karşı korunması dahil taze ve hazır betonun özellikleri ile ilgili tüm istekler karşılanacak şekilde olacaktır.

1.2 Beton, asgari olarak, aşağıdaki istekleri sağlayacaktır:

- 28 gün sonra minimum basma mukavemeti en az 35,0 N/mm²'ye eşit olacaktır.
- Kırılmadan sonra, minimum yoğunluk en az 2400 kg/m³'e eşit olacaktır (maksimum yoğunluk 3500 kg/m³'ü aşmayacaktır).
- Sistemin dizayn ömrü boyunca, dizayn sıcaklığı

aralığında, çalışma koşullarında mukavemetini sürdürme niteliği.

Basma mukavemeti, standart test prosedürleri vasıtasıyla belirlenecektir.

1.3 Testlerle ölçülen su emilimi %5'i aşmayacaktır.

2. Donatılar

2.1 Beton kaplama donatıları, örülmüş galvaniz çelik tel, spiral uygulamalı ağ ve çelik kafes şeklinde olabilir. Tablo 9.1'de çelik donatıların ölçüleri ve dağılımı ile ilgili öneriler yer almalıdır.

Tablo 9.1 Çelik donatı uygulamaları için öneriler (BS 8010:part 3'den)

	Boyuna donatı	Çevresel donatı	Donatı tipi
Tipik çubuk çapı (mm)	3 ÷ 8	5 ÷ 12	} Kaynaklı kafes
Çubuk aralığı (mm)	75 ÷ 400	75 ÷ 150	
Kaplama kesit alanı yüzdesi	0,1 ÷ 0,2	0,45 ÷ 1,0	
Tipik çubuk çapı (mm)	2 ÷ 4	2 ÷ 4	} Tel kafes
Çubuk aralığı (mm)	50 ÷ 300	65 ÷ 100	
Kaplama kesit alanı yüzdesi	0,08 min.	0,4 min.	
Eşdeğer performans sağlayan, cam elyaf gibi alternatif donatı malzemeleri kabul edilebilir.			

Beton donatı tel kafeslerin çapı, yüzey özellikleri, mukavemet özellikleri ve işaretlenmesi ilgili standartlardaki isteklere uygun olacaktır (ASTM A-641 veya eşdeğeri).

2.2 Eğer spiralli kafes kullanılırsa, beton kalınlığı başına gerekli kat sayısı Tablo 9.2'de belirtilenlerden daha az olmayacaktır.

Tablo 9.2 Spiral uygulamalı kafes için öneriler

Beton kalınlığı [mm]	Kat sayısı
25 – 60	1
61 – 100	2
101 – 140	3
> 140	4

D. Ağırlık Kaplaması Uygulamaları

1. Betonun Karıştırılması

1.1 Betonun karıştırılması, ham maddeler karışım içinde düzgün dağılacak şekilde yapılacaktır. Karışım, m³ başına en az 400 kg çimento olacaktır. Su / çimento oranı 0,4 değerini aşmayacaktır.

Kimyasal katkıları sadece, TL'nun yazılı onayı ile eklenebilir.

1.2 Tüm beton uygulamaları, karışıma suyun ilavesinden sonra 30 dakika içinde tamamlanacaktır. Beton 5°C'nin altında veya 40°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda karıştırılmayacak ve uygulanmayacaktır. Ortam sıcaklığının bu sınırlar dışına çıktığında, uygulama prosedürü TL'nun yazılı onayına tabi olacaktır.

2. Donatıların Yerleştirilmesi

2.1 Beton uygulaması yapılırken, en fazla 25 mm. bindirme ile aynı anda hasır tel spiral olarak uygulanacaktır. Donatı hasırı yerleştirilirken korozyon önleyici kaplamaya hasar verilmesinin önlenmesi ile ilgili önlemler alınacaktır. donatı çeliği, beton kaplamanın her bir ucundan itibaren 15 ÷ 25 mm. içeride sona erecektir.

Donatı üzerindeki beton kaplama 20 mm.'den daha az olmayacak ve donatı ile korozyonu önleyici kaplama arasındaki mesafe 15 mm.'den az olmayacaktır.

2.2 Beton uygulaması sırasında, donatı çelikleri; gres, yağ, kir, hadde talaşı, aşırı pas ve diğer zararlı maddelerden arınmış olacaktır.

2.3 Donatılar, borudan elektriksel olarak yalıtılacaktır. Kafes donatılar, elektriksel olarak yalıtıcı bilezikler ile konumlandırılacaktır.

3. Betonun Uygulanması

3.1 Ağırlık kaplaması uygulamasının başlamasından önce, korozyonu önleyici kaplama gözle muayene edilecektir. Kaplama; oyuklar, çizikler, delikler, kabarmalar ve yapışma kaybı gibi kusurlar ve hasarlar yönünden muayene edilecektir.

Gerekli yerlere tutyaların konulduğunun ve tutya ile boru arasında elektriksel bağlantıların (kaynağın) bulunduğu bölgede korozyonu önleyici kaplamanın uygun şekilde onarıldığının doğrulanması amacıyla kontroller yapılacaktır.

3.2 Beton kaplama; saha birleştirmelerindeki kesiklikler hariç, boru birleştirmelerinin tamamında devamlı, düzgün ve üniform bir tabaka elde edilecek şekilde uygulanacaktır. Kesikliklerin boyu, spesifikasyonda verilenden daha fazla olmayacak ve 45°'yi aşmayacak şekilde pah kırılacaktır. Donatı çelikleri, kesikliklerden dışarıya çıkmayacaktır. Beton kaplama kalınlığı 25 mm.'den az olmayacaktır.

Beton kaplama sırasında tutyalar mevcut değilse, bunların yerine, boruya sabit olarak bağlı maketleri konulmalıdır.

3.3 Saha birleştirmelerinde aşırı gerilme yığılmalarını ve uygulama sırasında betonun atmasını önlemek için, 100 mm.'yi aşan beton kaplama kalınlıklarında çatlak başlatıcılar tavsiye edilir. Kullanıldığı takdirde, çatlak başlatıcılar, yaklaşık 100 mm.'lik eşit aralıklarla yerleştirilecektir. Çatlak başlatıcılar, devamlı ring olarak, birleştirme etrafına konulan üçgen şekilli plastik reçine profiller veya su jeti ile yapılan beton kaplamada yarıklar şeklinde olabilir. Yarıklar, yaklaşık olarak 25 mm. derinliğinde ve 10 mm. genişliğinde olmalıdır.

3.4 Çelik donatılar, tutyaların ve bunların bağlantılarının etrafında en az 25 mm. mesafede kesilecektir. Donatıların tutyalar ve bunların bağlantıları ile temas etmemesine dikkat edilecektir.

Tutyaların, beton kaplamadan daha küçük dış çapa sahip olduğu hallerde, beton kaplama, ani devamsızlıkları önlemek üzere, tutyanın her iki tarafında 300 mm.'lik mesafede tutya çapına kadar azaltılacaktır.

Tutyaların beton kaplamadan büyük çapa sahip olduğu hallerde, tutyalar, beton kaplama çapına kadar azaltılacaktır.

Beton kaplamasız boru hatlarındaki tutyalar, montaj gereklerine göre paklandırılacaktır.

4. Betonun Kuruması

4.1 Betonun belirlenen özelliklerine ulaşması için (özellikle yüzey bölgesinde), uygun koruma ve kurumanın elde edilmesi için gerekli önlemler alınacaktır. Kontrollü kuruma, 5°C'ın üzerindeki sıcaklıklarda betonun uygulamasının hemen sonrasında başlayacaktır.

4.2 Kuruma, uygun şekilde teçhiz edilmiş alanlarda, buharla, membranla (buharlaştırma geciktirici sızdırmaz film, plastik örtü ile sarma) veya su ile ısıtma vasıtasıyla yapılacaktır.

4.3 Kuruma, en az ilk 7 günde veya beton en az 17,5 N/mm²'lik bir çarpma direncine ulaşmaya kadar yapılacaktır.

E. Testler

1. Betonun basma mukavemeti, ağırlık kaplaması uygulamasından 7 ve 28 gün sonra ölçülecektir. Basma mukavemeti, tanınmış standartlardaki isteklere göre, ayrı bir kalıpta yapılmış beton silindirlerden hesaplanacaktır (ASTM C-192 veya eşdeğeri). 28 gün sonra, beton kaplama, Bölüm 9,C.1.2'de belirtilen mukavemet isteklerini karşılayacaktır.

2. Doygunluk testi, kaplanmış borularda yapılacaktır. Doygunluk testlerinin yöntemi ve adedi, spesifikasyonda verilen standartlara göre yapılacaktır.

3. Çelik donatıların, tutyalardan ve boru bağlantısından elektriksel olarak yalıtıldığıının gösterilmesi için elektrik testleri yapılacaktır.

4. Ağırlık kaplamasının uygulanması sırasında, her borunun ağırlığı kontrol edilecektir.

Beton kaplı her bir borunun (tutyalı veya tutyasız) negatif sephiyesi, aşağıdaki izin verilen toleranslar dahilinde, veri listelerinde belirtilen şekilde olacaktır:

Tekil bir boru için izin verilen aralık : $- \%10 \div + \%20$

Sürekli üretilen her bir 25 boru için : $- \%2 \div + \%6$
(ortalama 25 boruda)

Günlük kaplama tesisi üretimi için aralık : $\%0 \div + \%4$

F. Kusurlar

Üretim sırasında veya daha sonraki mekanik darbeler nedeniyle beton kaplamanın yüzeyinde oluşan kusurlar aşağıdaki kriterlere göre onarılacaktır:

- Beton kalınlığı $\%20$ 'den daha az azalmış olan, yüzey alanı 100 cm^2 'den küçük lokal hasarlar onarım yapılmaksızın kabul edilecektir.
- Kalan kalınlığı, hasarsız kalınlığın $\%80$ 'inden daha az olan veya yüzey alanı 100 m^3 'den büyük olan hasarlı yüzeyler onarılacaktır.
- Ölçüleri yukarıda belirtilen sınırları aşan hasarlı yüzeyler lokal olarak onarılmayacaktır. Hasarlı alandan büyük olan bir kısım sökülerek yenilenecektir.

- Örnek alma nedeniyle oluşturulan deliklerin onarımı deliğin oyularak ve beton doldurularak yapılacaktır.

G. Elleçleme ve Depolama

Betonla yeni kaplanmış borular dikkatle elleçlenmelidir. Koruma sırasında, beton kaplı borular; kontrollü koruma prosesini kolaylaştırmak için, aşırı rüzgara, güneş ışınımına ve neme karşı korunmuş olan, emici olmayan düzgün yüzeylerde depolanmalıdır.

Beton kaplı borular, Bölüm 9, C.1.2'de belirtilen mukavemet elde edilinceye kadar üst üste istiflenecektir. İstifleme yüksekliği, Tablo 9.3'de belirtilen katman sayısını aşmamalıdır.

Tablo 9.3 Beton kaplı boruların istiflenmesi için tavsiye edilen maksimum katman sayısı

Nominal boru çapı [inch]	Maksimum katman sayısı
≤ 12	10
14 – 16	7
18 – 20	6
22 – 24	5
26 – 36	4
38 – 42	3
> 44	2

H. Saha Birleştirmeleri Kaplama Malzemeleri

Saha birleştirmeleri bölgesinde çelik boru dış cidarı, uygun bir korozyondan koruma sistemi ile korunacaktır. Korozyondan koruma sisteminin uygulanmasından önce, tüm kir, yağ, pas ve kaynak sıçramalarının giderilmesi için, boru cidarı tamamen temizlenecektir.

Saha birleştirmeleri, uygun bir koruma yöntemi ile birlikte, bir dış kılıf veya kaplama sistemi ile korunan bir şerit ile sarılarak tamamlanabilir. Genelde, saha birleştirmelerinin, beton kaplama ile yüzbeyüz bir dolgu malzemesi ile tamamlanması tercih edilir.

Saha birleştirme malzemelerinin seçiminde; sağlık, emniyet ve çevre konularına dikkat edilecektir.

BÖLÜM 10**MONTAJ VE TESTLER****Sayfa**

A.	Genel	10- 1
B.	Denizdeki İşlemler.....	10- 1
C.	Boru Hattının Montajı	10-
D.	Bağlantılar.....	10-
E.	Kıyı Hattında Montaj	10-
F.	Boru Hatlarının Korunması	10-
G.	Fiiili Durum Sörveyleri.....	10-
H.	Boru Hattına Müdahale	10-
I.	Boru Hattı Sistemlerinin Basınç Testleri.....	10-
J.	Diğer Testler	10-

A. Genel**1. Dokümanlar ve Donanım Sörveyleri**

1.1 Boru hattı sistemlerinin montajı ve testleri, montaj ve testler sırasında kullanılacak veya uygulanacak araçlar, donanım, cihazlar ve parametreler hakkında ayrıntılı bilgiler veren el kitapları, prosedürler, spesifikasyonlar, hesaplar ve resimlere göre yapılacaktır.

1.2 Tüm araçların harekete geçirilmesinden önce, konum muhafaza sistemleri, giriciler ve kaynak donanımı gibi izleme sistemleri ve ana donanım, **TL**'nin kararına göre, **TL**'nin gözetiminde sörveye tabi tutulacak, test edilecek ve kalibre edilecektir.

B. Denizdeki İşlemler**1. Demirleme Düzeni**

1.1 Konumu muhafaza için demirleme donanımı kullanılan boru döşeme gemileri; aşağıdaki bilgileri içeren harita veya planlarda gösterilen demirleme düzenine göre çalışmalıdır:

- Öngörülen boru hattı güzergahı ve döşeme koridoru,
- Mevcut boru hatları ve tesislerin yerleşimi,
- Yasaklanmış demirleme bölgeleri,
- Demirlerin ve zincirlerin temas noktalarının konumu,
- Her demirin yönetimi için gemi konumu ve demirin yönetimi tamamlandığında geminin çalışma konumu,
- Boru hattı güzergahı civarındaki diğer denizcilik faaliyetleri,
- Demirin elleçlenmesi,
- Hava durumu sınırlamaları,
- Deniz yatağı özellikleri.

1.2 Acil durumlarda, çalışma mahallinin terk edilmesi ile ilgili prosedür mevcut olacaktır.

1.3 Demirler ve demir zincirleri ile mevcut sabit yapılar, deniz altı tesisleri veya boru hatları arasındaki mesafelere dikkat edilecektir.

2. Konumu Muhafaza

Döşeme sırasında, boru döşeme gemisinin konumda muhafazası demirleme donanımı veya dinamik konumlandırma (DK) sistemi ile sağlanabilir.

Demirlerin veya DK sisteminin kullanılmasında, döşeme gemisi, belirlenen hava durumu sınırlamaları çerçevesinde, konumunu ve pusula yönünü muhafaza edebilecektir.

Geminin konumu ve pusula yönü, bu bölümde belirtilen montaj parametreleri ile birlikte, sürekli olarak kaydedilecektir.

3. Dinamik Konumlandırma

Çalışmaya başlamadan önce, döşeme gemisinin konumlandırma sistemi, bu sistemin tüm işlev ve kumandalarının, belirlenen sınırlar dahilinde görev gördüğünün kanıtlanması için, denemeler sırasında test edilecektir. Uzaktan itme sistemi, işletme referans sistemi ile test edilecektir. Çeşitli hata durumları, izleme, alarm ve yedekleme sistemleri klas isteklerine göre test edilecektir.

C. Boru Hattının Montajı

1. Genel

Tüm gemiler klaslanacak ve sertifikalanacak ve tüm sabit ve hareketli makina ve donanım, kullanımdan önce test edilecek ve sertifikalandırılacaktır. Gemilerin ve gemilerde yer alan makina ve donanımın testleri ve sertifikalandırılması ile döşeme denemeleri, TL'nun kararına göre, TL sorveyörü gözetiminde yapılacaktır.

1.1 Montaj prosedürleri, aşağıda belirtilenlerle ilgili ayrıntılı tanımlar içerecektir:

- Boruların depolanması, taşınması ve elleçlenmesi,
- Kaynak istasyonunda boru uçlarının alıştırılması,
- Kaynaklar,

- NDT,
- Sahada kaplama,
- Normal döşeme işlemleri,
- Döşeme sırasında burkulmaların algılanması,
- Onarımlar,
- Sökme ve geri alma,
- Bağlantılar,
- Boru gerilmelerinin izlenmesi / kontrolü.

Prosedürlerde, ortam koşulları ile ilgili çalışma sınırlamaları yer alacaktır.

2. Güzergah Sorveyleri ve Deniz Yatağı Değişimleri

2.1 Eğer, Bölüm 3, B.4'de belirtilen sorvey haritaları güncelliğini yitirmişse, boru hattı koridorunun montaj öncesi sorveyi yapılmalıdır. Bu sorveyler boru döşeme gemisinin hemen önünde yapılabilir.

2.2 Düzeltme veya çakıl döşeme gibi deniz yatağı hazırlıkları, boru hattı döşeme gemisinin çalışmasından önce yapılmalı ve sorvey haritalarına kaydedilmelidir.

2.3 Bölüm 3, B.4'de belirtilen güncel sorvey haritaları, boru hattının montajına başlanması sırasında, boru hattının montajına başlanması sırasında, boru döşeme gemisinde bulunacaktır.

3. Malzemenin Elleçlenmesi ve Depolanması

Tüm malzemeler ve bileşenler, onaylı prosedürlere göre depolanacak ve elleçlenecektir.

Tüm çalışma aşamalarında malzeme ve bileşenlerin belirlenmesi ve izlenebilirliği sağlanacaktır.

Reddedilen malzemeler açık olarak belirlenecek, işaretlenecek ve ayrılacak, en kısa sürede döşeme gemisinden uzaklaştırılacaktır.

Alınan tüm malzemeler, uygunluk sertifikaları yönünden kontrol edilecektir.

Kaynak tüketim malzemeleri, onaylı prosedürlere göre elleçlenecektir.

Ultrasonik testlerin sonuçlarını içeren film ve disketler uygun şekilde depolanacaktır.

4. Döşeme Dubası Yöntemi (S ve J-Döşeme)

4.1 Bu maddede, döşeme dubası ve döşeme gemilerinin normalde bir rampa / stringer (rijid veya mafsallı) teçhiz edildiği kabul edilmiştir. Eğer boru hattı bir stringerin yardımı olmaksızın monte ediliyorsa (sığ sularda), stringer ve stringere ait makaralara yapılan atıflar uygulanmaz.

4.2 Döşeme sırasında, aşağıda belirtilen parametreler her durumda ayrı ayrı olmak üzere TL sömürünün gerekli görüldüğü şekilde, sürekli olarak izlenecek ve kaydedilecektir:

- Demir zinciri yükleri
- Makara yükleri,
- Her germe donanımındaki boru gerilmesi,
- Kombine gerilme,
- Stringer uç derinliği / stringer şekli / açısı,
- Dubanın trim açısı,
- Güzergah boyunca su derinliği,
- Sökme ve geri alma sırasında vinç halatlarındaki gerilme,
- Ortam koşulları.

4.3 Aşağı belirtilen durumlarda kullanılmak üzere gemide onaylı prosedürler bulunacaktır:

- Islak burkulma,

- Kuru burkulma,
- Ağırlık kaplamada hasarlanma,
- Korozyon kaplamasında hasarlanma.

4.4 İlgili boru ölçülerinde, sökme / geri alma başlıkları bulunacaktır.

5. Makaralı Döşeme Yöntemi

5.1 Makaralı döşeme yöntemi ile boru hattının montajı için, C.1'de belirtilen isteklere ilave olarak, aşağıdaki hesaplamalar ve prosedürler hazırlanacaktır:

- Makaradaki yükler,
- Gerilme kontrolü,
- Makara sarma ve boşaltma sonrası borudaki plastik deformasyon (artık ve kümülatif) ve uzama. Boru hattının düzeltilmesinden sonra kalan uzama Bölüm 5, C.2'de belirtilen sınırlar içinde kalacaktır.
- Boru dizilerinin montajı ve birleştirilmesi,
- Sökme ve geri alma,

5.2 Esnek boruların makaralarda muhafazasında, aşağıdaki parametreler dikkate alınacaktır:

- Tamburun yarıçapı, esnek borunun minimum bükülme yarıçapından daha az olmayacaktır.
- Makara; uç fittingleri ve aksesuarları dahil esnek borunun tüm uzunluğunun sarılmasına uygun olmalıdır.
- Temelleri ve yatakları dahil, makaranın yapısı, esnek borunun ağırlığını emniyetle taşıyabilmelidir.

6. Boru Hattının Çekilmesi

6.1 Boru hattının çekilerek montajı için, C.1'de

belirtilen isteklere ilave olarak, aşağıdaki hesaplamalar ve prosedürler hazırlanacaktır:

- Karada yapılan boru dizileri,
- Sephiye şekli ve kontrolü,
- Çekme ve montaj sırasında boru dizisinin konumlandırılması,
- Bağlantı yöntemi.

6.2 Çekme sırasında, aşağıdaki parametreler, izlenecek, hesaplanan sınırlar dahilinde tutulacak ve kaydedilecektir:

- Çekme kuvveti,
- Çekme hızı,
- Su derinliği,
- Eğilme (sarkma, çökme) yarıçapı,
- Çekme derinliği ve yüzdürme koşulları.

7. Yönlendirici Delme

7.1 Boru hattı seksiyonunun, yönlendirici delme ile yapılan bir sondaj deliği vasıtasıyla montajı, yeterli hesaplar ve prosedürlere desteklenecektir. Zemin özelliklerine ve çekme sırasındaki boru / zemin etkileşimi dikkate alınacaktır.

7.2 Boru hattının çekilmesi sırasında; boru hattında aşırı gerilmeler veya mekanik hasarlar oluşmamasını sağlamak üzere uygun izleme ve ölçme yöntemleri kullanılacaktır.

7.3 Delme işlemini kolaylaştırıcı malzemelerin çevre üzerinde olumsuz etkileri olmamalıdır.

8. Boru Hattı ile Kablo Kesişmeleri

8.1 Boru hattı ile kabloların kesişmeleri, asgari olarak, aşağıda belirtilen parametreleri içeren onaylı spesifikasyonlar ve prosedürlere göre yapılacaktır:

- Kesişme yeri,
- Demirleme şekli ve demir elleçleme prosedürü,
- Kesişme profili ve etkiyen gerilmeler,
- Kesişme mesnetlerinin dizaynı,
- Mevcut boru hatları veya kablolarla olan minimum mesafe (tipik olarak 0,3 m.).

8.2 Boru hatları ve kablo kesişmeleri, kesişen mevcut boru hatlarına veya kablolarla hasar vermeyecek şekilde yapılacaktır.

9. Serbest Aralık Düzeltilmesi

İzin verilen mesafeyi aşan boylardaki desteklenmeyen aralıklar, kanal açarak (ve alt dolgu yapılarak), kum torbaları, şilte veya çakılla destekleyerek ya da alternatif onaylı yöntemlerle düzeltililecektir.

D. Bağlantılar

1. Genel

Boru hattı seksiyonları veya boru hatları ile bitişik tesisler arasındaki bağlantılar, aşağıdaki yöntemlerle yapılabilir:

- Mekanik bağlantı elemanları,
- Su hattı üzerinde yapılan kaynaklı birleştirmeler,
- Su hattı altında yapılan kaynaklı birleştirmeler,

Tüm bağlantı işlemleri, asgari olarak, aşağıdaki hesaplamaların ve yöntemlerin ayrıntılı açıklamalarını içeren onaylı prosedürlere göre yapılacaktır:

- Kaldırılan ve indirilen donanımlardaki yüklerin ve gerilmelerin hesapları dahil, adım kaldırma ve indirme prosedürleri,
- Bağlantılar sırasında ve sonrasında yapılacak tüm işlemlerin ayrıntılı açıklamaları,

- Kaldırma ve indirme işlemlerinin yapılması, izlenmesi ve kontrolü için kullanılan tüm donanımın, yöntemlerin ve cihazların ayrıntılı açıklamaları,
- Muayene ve testler için kullanılan yöntemler.

2. Mekanik Bağlantı Elemanları

Flençler, kaplinler ve diğer tip bağlantı elemanları gibi mekanik bağlantılar, boru hatları için belirtilen mukavemet ve sızdırmazlık isteklerini sağlayacaktır.

3. Su Hattı Üzerindeki Kaynaklar

Kaynakla ilgili istekler Bölüm 7’de verilmiştir.

Çift cidar etkili radyografik muayeneler, bağlantı kaynakları için kabul edilecektir. Bağlantı kaynaklarının radyografik muayenesi, manyetik parçacık ve ultrasonik testlerle desteklenecektir.

4. Hiperbarik Kaynaklar

Hiperbarik kaynaklar; kuru, yeterince havalandırılmış doğal bir ortamda yapılacaktır. Eğer kaynaklar hidrokarbon içeren boru hatlarında yapılıyorsa, doğal ortam inert bir gazla doldurulacaktır.

Kaynak prosedürleri, aşağıda belirtilenler dikkate alınarak, çalışma sahasındaki koşullara benzer koşullarda nitelendirilecektir:

- Doğal ortamda etkili olan basınç,
- Doğal ortamdaki atmosferin bileşimi,
- Doğal ortamdaki nem düzeyi.

E. Kıyı Hattında Montaj

Kıyı hattında boru hatlarının montajı, açık denizden karaya düzgün profilli bir geçiş sağlanacak şekilde yapılacaktır. Düşey ve yatay doğrultudaki keskin değişimlerden kaçınılacak veya etkileri azaltılacaktır.

Önceden yazılı **TL** onayı alınmak koşuluyla, kıyı hattında “altın kaynakları”nın kullanımına izin verilir. Yerel otoritelerin isteklerine bağlı olarak, kıyı hattı alanlarında, boru hatları normalde gömülü olacaktır.

F. Boru Hatlarının Korunması

1. Genel

Gerekirse, boru hatları; aşırı hareketlere, dış darbelere ve açılmalara karşı korunacaktır.

2. Kanal Açma, Gömme

Kanal açma; zemin koşullarına, su derinliğine ve boru hattı çapına bağlı olarak, püskürtme, yarma, mekanik kesme veya tarama ile yapılabilir.

Kanal açma donanımı, aşağıda belirtilenlerin devamlı olarak izlenmesi, ölçülmesi ve kaydedilmesini sağlayacak cihazlarla donatılacaktır:

- Kanal açıcını (kızak veya ROV’lar) baş-kıç vurması, yalpası, derinliği ve hızı,
- Kanal profili (kesit ve boyuna profil),
- Çekme kuvvetleri,
- Makaralardaki yükler.

Kanal açma sırasında, boru hattının aşırı gerilmelere maruz önlemek üzere, kanal derinliği ve profilinin belirlenen sınırlara göre olması sağlanacaktır.

3. Doldurma, Mekanik Koruma

Boru hattının üzerinin örtülmesi veya çakıl, kum torbaları veya şiltelerle mekanik korunmasının gerektiği hallerde, seçilen malzemeler, düzgün bir profil elde edilmesi ve boru hattının hasarlanmasının önlenmesi için, boru hattı üzerine kontrollü şekilde yerleştirilecektir.

G. Fiili Durum Sörveyleri

1. Genel

Kurallarda, bazı durumlarda fiili durumlarda fiili durum sörveylerinin yapılmasının mümkün olduğu kabul edilmiştir. Bu sörveylerin uygulanabilirliği ve kapsamı, TL'nun yazılı onayına tabidir (bu sörveyler; deniz yatağı üzerine veya açıkta yerleştirilmek üzere dizayn edilen boru hatlarına uygulanabilir, yani serildikten sonra montaj çalışması gerekmeyen boru hatları için geçerlidir).

2. Döşenmiş Haldeki Durum Sörveyleri

Montajın tamamlanmasından hemen sonra (mekanik tamamlama) ve test suyu ile doldurmadan önce, boru hatlarının döşenmiş haldeki durumu, bir el kamerası kullanan bir dalgiç vasıtasıyla veya kamera ile donatılmış bir ROV ile göz muayenesi ile incelenerek kaydedilecektir. Her iki halde de, kameranın tipi ve adedi ile doğal veya yapay aydınlatma, sörvey sonuçları muayene personeli tarafından rahatça yorumlanabilecek şekilde olacaktır.

Sörveyler; bir sörvey aracı ve projeye özgün koşullara uygun donanım kullanılarak, onaylı bir prosedüre göre yapılacaktır. Sonuçlar, bir dosyaya kaydedilecektir. Döşenmiş haldeki boru hattı, aşağıda belirtilenler yönünden muayene edilecektir:

- Boru hattının dış kısımlarının hasarlanması (kaplama, saha birleştirmeleri, tutyalar, boru hattındaki fittingler ve eklentiler),
- Bütünlüğünün bozabilecek şekilde, boru hattının hemen yakınındaki doğal veya yapay engeller ve deniz yatağı özellikleri,
- Boru hattının boyuna eksen boyuncası aşırı yanal deflekşin veya dönmeler,
- Güzergah boyuncası, uzunlukları, yükseklikleri ve yerleri yönünden aşırı desteklenmeyen aralıklar,
- Boylarına, yüksekliklerine ve temas noktalarının durumuna (sınır koşulları) özellikle dikkat

edilerek, boru hattı veya kablo kesişmesi veya kanala yerleştirilmişse, kanalın durumu,

- Bağlantı etekleri / genişleme dirsekleri veya halkalarının durumu,
- Deniz altı yapılarının durumu.

Buradaki kuralların veya kural isteklerinden daha ağır ise proje şartnamesinin kabul kriterleri dışında olan hasarlar veya özellikler, boru hattı kanala konulma, kapatma veya hidrostatik teste hazırlık olarak doldurulmadan önce onarılabilecek veya düzeltici önlemler alınacaktır.

3. Montajı Tamamlanmış Haldeki Durum Sörveyleri

Tüm montajın, bağlantıların, testlerin ve onarım veya düzeltici önlemlerin alınmasından hemen sonra, boru hattının tamamlanmış haldeki durumu 1. madde belirtilen şekilde incelenip kaydedilecektir. Boru hattının tamamlanmış haldeki durumu aşağıda belirtilenler açısından muayene edilecektir:

- Görünür halde kalan ve döşenmiş haldeki durum sörveyi sonrası yapılan çalışmalardan etkilenmiş olan boru hattı sisteminin herhangi bir kısmının durumu,
- Döşenmiş haldeki durum sörveyi sonucu ortaya çıkan onarım veya düzeltici işlemlerin doğrulanması,
- Tüm uzunluğu boyunca boru hattının plan görünüşündeki yerleşimi,
- Tüm uzunluğu boyunca, kaplamanın derinliği dahil, boru hattının profili,
- Boyları, yükseklikleri ve sınır koşulları yönünden, kalan desteklenmemiş aralıklar,
- Kaplaması, tutyalar, kılavuzları ve kelepçeleri dahil düşey boruların, demir flencinin ve (deniz altı veya üst kısım acil kapatma veya blok) valflerinin durumu,

- Üst kısım donanımının durumu,
- Daha önce algılanmamış hasarlar.

H. Boru Hattına Müdahale

1. Genel

Boru hattına müdahale; boru hattının hareket ettirilmesi veya kaldırılması, boru cidarının kesilmesi veya mekanik bağlantının kırılması gibi, söz konusu boru hattının bütünlüğünün geçici olarak kesilmesine neden olan herhangi bir çalışma anlamındadır.

Boru hattına müdahale işleri, emniyet ve çevreye etkilere dikkat edilerek, onaylı prosedürlere göre yapılacaktır.

Basınç altındaki boru hattının hareket ettirilmesi veya kaldırılmasına izin verilmez.

2. Hasarlı Boru Hattı Seksiyonunun Sökülmesi

Eğer bir boru hattından değiştirilmek üzere sökülecek olan hasarlı bir seksiyon, dahili mekanik veya kimyasal bariyerlerle ve keselerle pozitif olarak izole edilemiyorsa, hasarlı seksiyon kesilmeden önce boru hattı temizlenmelidir.

Bir boru hattından bir seksiyonu keserken, müdahale işlerinin yapıldığı yerde boru hattını tamamen sabitleyici önlemler alınacaktır.

3. Mekanik Bağlantının Ayrılması

Mekanik bağlantıların ayrılmasına (kırılması), boru hattı seksiyonunun hidrokarbonlardan arındırılmış olduğu doğrulanmadıkça, izin verilmeyecektir.

4. Su Altı Canlı Bağlantıları

Su altı canlı bağlantıları, sadece boru hattının hizmet dışına alınmasının mümkün olmadığı hallerde dikkate alınmalıdır. Canlı bağlantılar, emniyet gerekliliklerine dikkat edilerek, onaylı prosedüre göre yapılacaktır.

Aşağıdaki hallerde canlı bağlantılara izin verilmez:

- Boru hattı yüksek derecede zehirli veya korrozif akışkan içeriyorsa,
- Boru hattında metal zarf varsa veya çimento kaplama ya da iç kaplama bulunuyorsa,
- Boru hattının et kalınlığı 6 mm'den az ise,
- Canlı bağlantı sırasında boru hattı, canlı bağlantı makinasının basınç değerini aşan bir basınçta çalıştırılıyorsa.

Canlı bağlantılar; boyunlu kaynaklı nipeller veya çepeçevre manşonlar ve bilezikler ile, kaynaklı ve mekanik parçalı T'ler ile yapılabilir.

Kaynaklı nipeller veya parçalı T'ler, kaynağın tamamlanmasından sonra ve bağlantı yapılmadan önce basınç testine tabi tutulacaktır.

Su altındaki canlı bağlantıların branş borusu, boru hattının çapında en az bir boy küçük çaplı olmalıdır. Su altı uygulamaları için aynı ölçülerde canlı bağlantılar yapılmamalıdır.

Branş boruları dizaynı ASME B 31.4 ve ASME B 31.8'e veya eşdeğeri bir standarda göre takviye edilecektir.

Canlı bağlantıların dizaynı, tamamlanan tesisatın denizcilik faaliyetleri ve balıkçılık üzerindeki olası etkileri en az olacak şekilde yapılacaktır.

I. Boru Hattı Sistemlerinin Basınç Testleri

1. Genel

Boru hattı sistemleri; basınç tutma kapasiteleri ve sızdırmazlıkları ile ilgili olarak sistemin belirlenen isteklere uygunluğunu doğrulamak üzere, kanal açma, gömme ve onarım işleri dahil, montajın tamamlanmasını takiben basınç testine tabi tutulacaktır. Yerel otoritelerin veya yetkili kuruluşların isteklerine ve 8.5'de belirtilenlere bağlı olarak, kaliteli işçilik ve malzeme durumlarında basınç testleri yapılmayabilir.

Eğer boru hattı sistemi hidrostatik olarak test edilecekse, bu alt bölümdeki istekler dikkate alınacaktır.

Bu alt bölümün doğru yorumlanabilmesi için, aşağıdaki terimler uygulanacaktır.

Hidrostatik test ve hidrotest terimleri aynı anlamı taşımakta olup, söz konusu boru hattı sisteminin basınç testini ifade eder. Basınç testi, normalde, mukavemet testi ve sızdırmazlık testi olarak ikiye ayrılır. Mukavemet testi, söz konusu boru hattının belirli bir emniyet payı dahilinde, ilgili basınca dayanabileceğinin doğrulanması için, test maddesi tarafından oluşturulan iç basınca maruz bırakıldığı bir testtir.

Mukavemet testleri, ilave olarak, boru hattının İMÇB'nin yükseltilmesi için de kullanılabilir. Sızdırmazlık testi; boru hattının belirlenen sürede boru hattının sızdırma olmaksızın ilgili basınca dayanabildiğinin doğrulanması için yapılan testtir. Sızdırmazlık testi, normalde, mukavemet testi basıncından daha düşük bir basınçta yapılır. Mukavemet ve sızdırmazlık testleri, genelde, tek bir operasyon içinde sırayla yapılır.

2. Dokümantasyon

Sistem testi, asgari olarak, aşağıda belirtilenlerle ilgili hesapları ve yöntemleri açıklayan ayrıntılı bir prosedüre göre yapılacaktır:

Aşağıda belirtilenler dahil, test işlemleri:

- Temizleme düzeninin kullanımı dahil, boru hattının doldurulması,
- Basınçlandırma yöntemi ve miktarı,
- Tutma periyodu sırasında yalıtılacak boru seksiyonları ve donanımı,
- Basınç boşaltma yöntemi ve miktarı,
- Suyun giderilmesi ve test maddesinin boşaltılması,
- Gerekirse, boru hattının kurutulması,

- Test öncesi ve sonrasında, emercensi ve emniyet prosedürleri ve önlemleri.

Boru hattı sistemi ve test donanımı:

- Geçici yapılar ve donanım, valfler, pompalar, vb. dahil test edilecek boru hattı seksiyonunun tanımı,
- Kimyasal katkılar dahil, test maddesinin tanımı,
- Cihazların spesifikasyonları ve akım, sıcaklık ve basınç ölçme cihazlarının yerleri,
- Donanımın kalibrasyon ve belirleme tanımları,
- Boru hattı boyunca, sıcaklık ölçüm cihazlarının konumlarının tanımı.

Hesaplar:

- Sıcaklığın ve diğer ortam parametrelerinin basınca etkisi,
- Teorik basınç-hacim diyagramı çizimi,
- Hava alma hesaplama yöntemi,
- Deniz suyu sıcaklığındaki değişimler nedeniyle, test sıvısının sıcaklığındaki değişimin belirlenmesi,

3. Emniyet Önlemleri

Test alanı, testle doğrudan ilgili olmayan personelin yanlışlıkla girmesini önlemek üzere, basınçlandırma başlamadan önce kordonla çevrilmelidir.

4. Test Maddesi

Test maddesi tek fazlı sıvı olacaktır. Varsa, tatlı su kullanılmalıdır. Tatlı su veya deniz suyu, gerektiği şekilde filtre edilecek ve kimyasallarla işlem görecektir.

Parlama noktası 61°C'dan yüksek olan hidrokarbonlar veya diğer uygun sıvılar da kabul edilebilir.

Sistem testleri için gazlar kullanılmayacaktır.

5. Test Basıncı

Mukavemet testi basıncı; genelde dizayn basıncının %125'inden daha az olmayacak, ancak, boru hattı malzemesinin minimum akma gerilmesinin %95'ine eşit olan çevre gerilmesine karşılık gelen basınçla sınırlı olacaktır.

Bunun anlamı; basıncın tutulması için kurallara göre maksimum kullanım seçilmişse ($\gamma_w = 1,25$), hidrotest basıncı, $1,1875 \times$ dizayn basıncı ile sınırlandırılacaktır. Eğer dizaynda korozyon payı alınırsa (yani $\gamma_w > 1,25$), hidrotest basıncı dizayn basıncı arasındaki oran, uygun olarak arttırılacaktır. Sızdırmazlık testi basıncı; dizayn basıncının % 110'undan az olmayacaktır.

Test basıncı; en düşük astronomik gel-git'te, hidrostatik yükseklik nedeniyle oluşan dış basınç dahil edilecek şekilde hesaplanacaktır.

Yukarıda belirtilen mukavemet veya sızdırmazlık test basıncından sapmalar, TL'nun yazılı onayına tabidir.

6. Su ile Doldurma ve Ölçme

Test seksiyonunun su ile doldurulması sırasında, alınan sıvının toplam hacminin %0,2'sinden daha az hava girişini sağlayıcı önlemler alınacaktır.

Test seksiyonunun basınçlandırılması sırasında, eklenen hacim ve karşılık gelen basınç artışı, hangisi daha sık olursa, her 15 dakikada bir veya her 1,0 bar basınç artışında kaydedilecektir.

Test seksiyonuna hava girişinin ölçümü, ilk basınçlandırma sırasında yapılacaktır. Bu işlem, basınçlandırma sırasında, ölçülen basınç ve eklenen hacmin esas alındığı P-V diyagramı oluşturularak yapılabilir, Şekil 10.1'e bakınız.

Test edilecek boru hattı seksiyonu, basınçlandırma başlamadan birkaç gün önce doldurulmalıdır. Böylelikle, test maddesinin termal dengesi sağlanmış olur.

Test seksiyonunda aşırı basınç dalgalanmalarını

önlemek üzere, basınçlandırma sırasında düzgün bir şekilde çalıştırılmalıdır.

Doldurma sırasında boru hattı temizlenebilir ve ölçümlenebilir. Temizleme donanımı, borudaki mevcut birikintileri giderecek şekilde dizayn edilecek ve boru cidarındaki pas ve kirleri fırçalar veya benzeri düzenlerle giderecek şekilde teçhiz edilecektir. Mekanik ölçü donanımına, kenarları pahlı ve dış çapı, boru hattı iç çapının %95'inden az olmayan bir ölçü levhası (uygun kalınlıklı, tercihen alüminyum levhadan yapılan) konulacaktır. Elektronik ölçü donanımının üreticisi tanınmış olacaktır.

Tablo 10.1 Mukavemet ve sızdırmazlık testleri için tutma süreleri

Test seksiyonunun hacmi V [m ³]	Mukavemet testi	Sızdırmazlık testi
V [m ³]	1 saat	24 saat
V < V 300 000	2 saat	48 saat
V < 300 000	2 saat	72 saat

Tablo 10.2 Test Basıncı

Test basıncı P _t	Mukavemet testi	Sızdırmazlık testi
P _t	P _t ≥ 1,25 P _i Ancak, aşağıda belirtilene karşılık gelen basınçtan daha büyük olamaz $\sigma_H = 0,95 \cdot R_{t0,5}$	P _t ≥ 1,1 P _i

7. Mukavemet Testi Tutma Süresi

Tablo 10.2'de verilen şekilde, mukavemet testi için P_t test basıncı, en az Tablo 10.1'de gösterilen sürede devam ettirilecektir. Eğer, test sırasında, basınç düşüşü tutma süresince saatte %1'den daha az ise, mukavemet testi kabul edilecektir.

8. Sızdırmazlık Testi

8.1 Basınçlandırma ve tutma süresi

Sızdırmazlık testi için P_t test basıncı, Tablo 10.2'de verildiği gibi olacaktır.

Boru hattı seksiyonunun basınçlandırılmasını, tutma periyodu başlamadan önce bir stabilizasyon periyodu takip edecektir. Tutma periyodu sırasında (Tablo 10.1'e bakınız), basınç en az 30 dakikada bir kaydedilecektir. Basınç ölçme cihazları Tablo 10.3'e göre olacaktır. Yeniden basınçlandırma veya basınç boşaltma gereği olan hallerde, sızdırmazlık testi durdurulacak ve yeni stabilizasyon döneminden sonra tekrarlanacaktır. Sızdırmazlık testi sırasında izin verilen maksimum basınç değişimi, test basıncının $\pm \%0,2$ 'sidir.

Eğer, basınç değişiminin gel-git veya sıcaklık etkileri nedeniyle olduğu dokümanite edilebilirse, test basıncının $\pm \%0,4$ 'e karşılık gelen ilave değişimi kabul edilecektir. İstekleri Tablo 10.3'de verilen, sıcaklık ölçüm cihazları, boru hattına mümkün olduğu kadar yakın olarak yerleştirilecektir. Sıcaklık ölçüm cihazları arasındaki mesafe, boru hattı boyunca deniz suyunun termal homojenliğine bağlıdır.

Hesaplama yöntemleri için Ek C'ye bakınız.

Tablo 10.3 Sıcaklık ve basınç ölçüm cihazları ile ilgili istekler

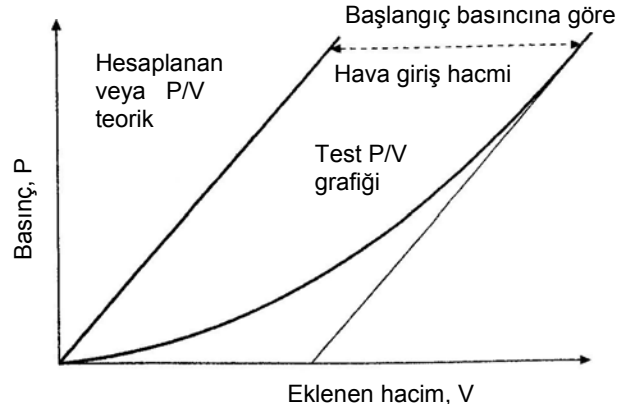
	Basınç ölçüm cihazı	Hacim ölçüm cihazı	Sıcaklık ölçüm cihazı
Hassaslık	$\pm \%0,1 \cdot P_t$	Eklenen hacmin $\pm \%1$ 'i	$\pm 0,5K$
Tekrarlanabilirlik	$\pm \%0,1 \cdot P_t$	-	$\pm 0,1K$
Çözünürlük	$\pm \%0,05 \cdot P_t$	Eklenen hacmin $\pm \%1$ 'i	$\pm 0,05K$

8.2 Basınç boşaltma

Basınç boşaltımı kontrollü boşaltma ile yapılacaktır.

8.3 Test seksiyonunun korunması

İç korozyonu ve/veya aşırı bakteri oluşumunu önlemek için basınç testinden sonra, test seksiyonunun korunması gerekebilir. İnert gaz veya inhibe edilmiş su kullanılabilir.



Şekil 10.1 Hava girişi ölçümü

8.4 Suyunu giderme ve kurutma

Olası çevre tehlikeleri nedeniyle, inhibe edilmiş test suyunun ve diğer test sıvılarının atılması için ulusal otoritelerden izin alınması gerekebilir.

İç korozyonu veya hidrat oluşumunu önlemek üzere, kurutmanın gerektiği hallerde, onaylanmak üzere ayrıntılı bir prosedür TL'na sunulacaktır.

8.5 Hidrostatik testten muafiyet

Özellikle, gazların aktarımı için amaçlanan, büyük çaplı ve uzun boru hatları, H.1'deki isteklere göre, hidrostatik testlerden muaf tutulabilir.

Bu muafiyet, yerel otorite ve/veya yetkili kuruluşların onayına tabidir ve aşağıdaki istekleri tam olarak sağlamalıdır:

- Montaj kaynakları, Bölüm 7'deki isteklere göre $\%100$ NDT'ye tabi olacaktır.
- Kaynak onarımları, Bölüm 7'nin ilgili kısımlarında ve Ek B'de belirtilen sınırlar içinde olacaktır.
- Yüksek frekanslı kaynaklı hat borularında yapılmış ise, boru hattı çapı 24"i aşmayacaktır.
- Son teknolojiye uygun işçilik ve donanım ile desteklenen, denenmiş montaj yöntemleri kullanılacaktır. İlgili boru hattının iç temizliği montaj sırasında yakından izlenecek ve söz konusu boru hattının döşenmiş durumdaki

yabancı maddelerden arındırılmış olarak teslim edileceği gösterilecektir.

- Boru hattı, **TL** ile anlaşmaya varılan sörvey yöntemleri kullanılarak, **TL**'nin gözetimi altında monte edilecektir.
- Montajdan sonra boru hattındaki artık gerilmelerin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu gösterilecektir.
- Boru hattında branş bağlantıları olmayacaktır.
- Boru hattında flenç veya diğer mekanik bağlantılar olmayacaktır.

- Boru hattının çalıştırılması ve devreye alınması, **TL** gözetimi altında yapılacaktır.

- Boru hattının malzeme ve bileşenleri, buradaki kuralların isteklerini tam olarak karşılayacaktır.

J. Diğer Testler

1. Cihazlar, Kontrol ve İzleme Sistemleri

Cihazların, kontrol ve izleme sistemlerinin, boru hattı işletmeye alınmadan önceki testleri için, Bölüm 12, E'ye bakınız.

BÖLÜM 11

MUAYENE, BAKIM VE ONARIMLAR

Sayfa

A.	Muayene ve Bakım	11- 1
B.	Onarımlar	11- 1
C.	Yeniden Sertifikalandırma	11- 1

A. Muayene ve Bakım

1. Genel

TL tarafından sertifikalandırılan ve TL'nun Emniyetli İşletim Sertifikasını düzenlemiş olduğu bir boru hattı sisteminin sahibi ve/veya işleticisi, emniyetli işletim sertifikasının geçerliliğinin sürdürülmesi ve uzatılması amacıyla ilave bir anlaşma yapmak üzere TL'na başvurabilir. Bu geçerliliğin sürdürülmesi ve uzatılması için gerekli olan işler ve hizmetler, boru hattı sisteminin sertifikalandırılması ile ilgili sözleşmede yer almıyorsa, bu işler ve hizmetler, orijinal sözleşmeye ek olarak yapılabilir.

Mal sahibi ve/veya işleticiler, TL'nun gözetimi altında yapılmamış ve TL tarafından sertifikalandırılmamış olan bir boru hattı sisteminin (yeniden) sertifikalandırılması için TL'na başvurabilirler. Bu gibi durumlarda, TL, boru hattı sisteminin buradaki kuralların isteklerine uygun olduğunun belirlenmesi ve mal sahibi ve/veya işleticinin buradaki kurallara uygunluk için gerekli değişimlerin yapılmış olması halinde, Emniyetli İşletim Sertifikasını düzenleyecektir.

Emniyetli işletim sertifikasının geçerliliği TL'nun izlemesine, A.3'de belirtilen periyodik muayenelerin ve boru hattı sistemindeki düzeltici faaliyetlerin, değişimlerin veya onarımların onayına tabi olacaktır. Mal sahibi ve/veya işletici yapılacak sörvey, düzeltici işlem, değişim, onarım veya acil onarım işlerini zamanında TL'na bildirecektir. Mal sahibi ve/veya işletici, emniyetli işletim sertifikasının geçerliliğini koruması için gerek duyduğu tüm bilgi ve verilere ulaşma ve elde etme olanağını sağlayacaktır. Mal sahibi ve/veya işletici, ayrıca, TL'nun kanaatine göre, emniyetli

işletim sertifikasının geçerliliğini koruması için gerekiyorsa; sörveylerin düzeltici işlemlerin, değişimlerin veya onarımların yapılmakta olduğu çalışma alanlarına görmesini de sağlayacaktır.

2. Muayene ve Bakım Programı

Yasal düzenlemelerde belirlenmemiş olan hallerde, mal sahibi ve/veya işleticinin; boru hattı sisteminin emniyetli çalıştırılabilmesini sağlamak üzere gerekli olan rutin bakım ve periyodik muayeneler için yöntem ve prosedürleri açıklayan bir muayene ve bakım programını oluşturması tavsiye edilir.

Gerekirse, boru hattı sistemi işletmeye alınmadan önce bu doküman TL'na verilecektir.

Muayene ve bakım programında, aşağıdaki parametreler dikkate alınarak, boru hattının çalıştığı koşullar esas alınacaktır:

- İletilen akışkanın basınç ve sıcaklığı (aralığı),
- Akışkanın kimyasal bileşimi (aşındırıcılık / korozyon etkisi),
- Kimyasal püskürtme programı,
- Korozyondan koruma programı,
- Ortam koşullarından kaynaklanan riskler,
- İnsanların neden olduğu riskler,
- Boru hattı sisteminin uygunluğu.

Program, varsa geçmiş verileri de kullanarak, dizaynın ilk aşamasında başlatılmalıdır. Ayrıca, işletim personelinin deneyimlerinin, programın hazırlanmasında dikkate alınması önerilir. Program, yukarıda belirtilen projeye özgün parametrelerin yansıtıldığı, periyodik olarak denetlenecek olan muayene ve bakım hedeflerini içermelidir. Gerekirse, program, periyodik veya özel muayene bulgularına göre güncelleştirilmelidir. Muayene ve bakım raporları, özel bir veri tabanında muhafaza edilmelidir.

3. Periyodik Muayeneler

3.1 Madde 2'de belirtilenlerin dışında, TL, emniyetli işletim sertifikasının geçerliliğini koruması amacıyla, madde 4, 5 ve 6'ya göre bir muayene ve bakım programının uygulanmasını ister.

3.2 Periyodik muayeneler; eğer emniyetli işletim sertifikasının geçerliliği sürdürülecekse, Bölüm 13'deki isteklere göre çalışmakta olmayan ve geçici olarak hizmet dışına alınan boru hatlarına veya bileşenlerine de uygulanır. Bu muayenelerin kapsamı ve periyodu, geçici olarak hizmet dışına alınma koşulunu yansıtacak şekilde ayarlanabilir.

4. Periyodik Muayenelerin Kapsamı

4.1 Periyodik muayenelerin amacı; boru hattı sisteminin teknik şartnameye ve buradaki kuralların isteklerine uygunluğunu sürdürmesini sağlamaktır. Periyodik muayenelerin kapsamı ve istekleri; muayene hedeflerini, muayene yöntemlerini ve kabul kriterlerini açıklayan, Bölüm 11, A.2'de listelenen parametrelerin esas alındığı spesifikasyon ve prosedürlerde verilecektir.

4.2 Çelik boru hatlarının periyodik muayeneleri sırasında, boru hattının şartnameye ve kural isteklerine uygunluğunun devam ettirilmesinin incelenmesi için, aşağıdaki faaliyetler gerçekleştirilecektir:

- Desteklenmeyen aralıkların ve bunların boylarının belirlenmesi,
- Boru hattının gömülü olması gereken alanlarda, boru hattının açıkta kalan kısımlarının ve bunların boylarının belirlenmesi,

- Boru hattı deformasyon, hasar ve sızıntılarının sörveyi,
- Deniz altındaki valflerin ve diğer bileşenlerin, hasar, sızıntı ve doğru işlev görmesi bakımından muayenesi,
- Et kalınlığındaki azalmaların muayenesi,
- Ağırlık kaplaması azalmalarının muayenesi,
- Katodik koruma sisteminin doğru işlev gördüğünün doğrulanması ve tutyaların tüketiminin ölçülmesi,
- Yanal veya düşey yer değişimlerinin muayenesi.

4.3 Çelik düşey boruların periyodik muayenesi sırasında, düşey boruların şartnameye ve kural isteklerine uygunluğunu devam ettirilmesinin incelenmesi için aşağıdaki faaliyetler gerçekleştirilecektir:

- Flençlerin, ayırıcı bağlantıların ve kaplinlerin muayenesi,
- Cıvatalı bağlantıların, kelepçelerin, mesnetlerin ve koruyucu bariyerlerin muayenesi,
- Deniz canlılarının muayenesi ve ölçülmesi,
- Dış korozyon kaplamasının muayenesi.

4.4 Karadaki veya denizdeki yapılarda yer alan "pig" tutucuların (pigtraps) periyodik muayenesi sırasında, tutucuların şartnameye uygunluğunun devam ettiğinin belirlenmesi için aşağıdaki faaliyetler yapılacaktır:

- Tutucu haznelerinin (trap barrels), boru devrelerinin, flençlerin ve fittinglerin muayenesi,
- Temellerin ve mesnetlerin muayenesi,
- Kapakların kilitleme düzenlerinin muayenesi,

- Ayırma, kesme ve basınç boşaltma valflerinin muayenesi,
- Ayırma, kesme ve basınç boşaltma valflerinin muayenesi,
- Cihazların muayenesi,
- Dış korozyon kaplamalarının muayenesi.

4.5 Boru hattı valfleri, aktüatörleri ve diğer eklentileri, sızdırmazlık, hasarlanma ve çalışma yönlerinden periyodik olarak muayene edilecektir.

4.6 Çakıl veya şilte destekli ya da üstü örtülü gibi özel koşullu boru hattı güzergahı alanları veya kum dalgaları, aşırı ondüleleşme ya da zayıf zeminler gibi olumsuz zemin koşulu alanlar, beklenmeyen veya olağandışı durumlar bakımından muayene edilecektir. Eğer beklenmeyen veya olağandışı durumlar makul şekilde açıklanamıyorsa, bu durumların ayrıntılı incelemesi yapılacaktır.

4.7 Muayeneler, ROV'lar kullanılarak veya koşullar izin veriyorsa el-kameralı bir dalgıç ile yapılan video kayıtları ile desteklenecektir.

5. Periyodik Muayenelerin Sıklığı

Yasal isteklerde aksi belirtilmedikçe, periyodik muayeneler, boru hattı sisteminin montajının tamamlanma tarihinden sonra 1 yıl aralıklarla veya gerekli görülürse daha sık ya da, aşağıdaki faktörlere bağlı olarak, uygun bulunursa daha seyrek aralıklarla yapılacaktır:

- Boru hattı sisteminin kabul edilen dizayn felsefesi ve işlevi,
- Boru hattı sistemi için oluşturulan muayene ve bakım programı,
- Boru hattı sisteminin öngörülen korozyon, erozyon ve aşınma derecesi,
- Boru hattı güzergahı civarında denizcilik faaliyetlerinin öngörülen etkinliği,

- Deniz tabanının stabilitesi, aşınma ve serbest aralık oluşması riski,
- Boru hattı sistemine etki eden ortam koşulları,
- Boru hattı sisteminin arızalanması sonuçları,
- Daha önce işletilen muayene ve bakım programlarından elde edilen deneyimler.

Periyodik muayenenin sıklığı, mal sahibi / işletici tarafından kabul edilen muayene düzeyine ve bakım yöntemlerine de bağlıdır. Risk-esaslı muayene (RBI) ve güvenilirlik-merkezli bakım (RCM) programları, normalde, daha uzun muayene aralıklarını gerektirir. Belirli koşullar altında, periyodik muayene tarihleri, boru hattı sistemine bağlı veya bitişik diğer işlerle çakışacak şekilde ertelenebilir.

Emniyetli işletim sertifikasının geçerli olduğu süredeki periyodik muayenelerin sıklığı ve zamanlaması hakkında TL ile anlaşmaya varılacaktır.

6. Raporlama

Madde 1'de hükümlere bağlı olarak, mal sahibi ve/veya işletici, düzeltici faaliyet veya onarımla ilgili planlarla birlikte periyodik muayene raporunu TL'na verecektir.

7. Düzeltici İşler ve Değişimler

TL'nun emniyetli işletim sertifikası düzenlendiği bir boru hattı sisteminde, mekanik onarımlar, kaldırma veya boru hattının herhangi bir şekilde hareket ettirmesini gerektiren düzeltici işler, adı geçen sertifikanın geçerliliğine etki edebilir.

Benzer şekilde; lokal yeni güzergah düzenleme veya bağlantılar oluşturma gibi müdahaleleri gerektiren, TL'nun emniyetli işletim sertifikası düzenlediği boru hattı sistemindeki değişimler de söz konusu sertifikanın geçerliliğini etkileyebilir. Düzeltici veya değişim işleri sırasında ve sonrasında, emniyetli işletim sertifikasının geçerliliğini koruması için, bu işler TL gözetimi altında yapılacaktır.

Düzeltici veya değişim işleri sırasında ve sonrasında,

TL tarafından düzenlenmiş olan emniyetli işletim sertifikasının geçerliliğini isteyen boru hattının mal sahibi ve/veya işleticisi, bu işlere başlamadan önce, TL'na aşağıdaki dokümanları verecektir:

- Düzeltici veya değişim işinin açıklaması,
- Düzeltici veya değişim işi için ortam koşulları,
- İşlerde kullanılacak takım ve donanımlar,
- İşler ait çalışma ve test prosedürleri ile kabul kriterleri.

Düzeltici veya değişim işinin tamamlanmasından sonra, fiili durumu yansıtmak üzere, yukarıda belirtilen dokümanlar güncelleştirilerek ve boru hattı sisteminin bütünlüğünün yeniden sağlandığını kanıtlayan dokümanlarla birlikte tekrar TL'na verilecektir.

Bu maddede belirtilen düzeltici veya değişim işleri, B'de belirtilen işlerinin kapsamı dışındadır.

8. Korozyon İzlemeleri

8.1 Yasal isteklere bağlı olarak, korozyon izlemeleri akıllı pigging ve on-line izleme veya bunların kombinasyonu ile yapılacaktır. Geri çekilebilir elemanların, korozyon miktarının izlenmesi amacıyla kullanımı, tüm boru hattı sisteminin tek başına korozyon izleme sistemi için geçerli olacağı anlamına gelmez.

Yasal isteklerin yanı sıra TL, emniyetli işletim sertifikasının geçerliliğinin sürdürülmesi amacıyla, bir korozyon izleme sisteminin kurulmasını ister.

Bölüm 11, A.8.1'in hükümlerinin yanı sıra ve boru hattı kritik-olmayan serviste ise, Bölüm 11, A.2'de verilen parametreler esas alınarak ve RBI ve/veya RCM programları ile birleştirilerek, akıllı pigler kullanılarak in-line bir muayene programının oluşturulması önerilir.

In-line muayene programının yararlarını optimize etmek için, boru hattının montajının tamamlanmasından hemen sonra bir baz hattı sörveyi yapılmalıdır.

8.2 Akıllı pigging kullanımının sıklığı

Akıllı pigging kullanım sıklığı, yasal mevzuata ve/veya kabul edilen üretim kimyası sistemi ile ilgili operasyonel koşullara bağlı olarak, TL ile anlaşmaya varılarak kararlaştırılacaktır.

8.3 Raporlama

Korozyonu izleme programlarından elde edilen veriler, boru hattı sisteminin montajının tamamlanma tarihinden itibaren en az yılda bir kez raporlanacaktır.

B. Onarımlar

1. Genel

Planlı onarımlar ile emercensi onarımlar birbirlerinden ayrı değerlendirilecektir. Emniyetli işletim sertifikasının geçerliliğini sürdürmesi için, planlı onarımlarda işlere başlanılmadan önce TL onayı gereklidir. Emmercensi onarımlar ise, önceden TL onayı alınmaksızın başlayabilir.

Ayrıca, onarımlar; önemli ve önemsiz olarak da ayrılırlar. Önemsiz onarımlar; tel fırça, hafif taşlama, rötoşlama, bileşeni değiştirme ve sıkma ile yapılanlardır. Önemli onarımlar ise; B.4 ÷ B.5'de belirtilen onarımlardır. Önemsiz onarımlar, TL onayı olmaksızın yapılabilir. Mevcut donanım için planlananlar ve yapım sırasında gerekli olanlar dahil, önemli onarımlar için işlere başlamadan önce TL onayı gereklidir.

2. Dokümantasyon

2.1 Yapılmakta olan ve çalışan bir boru hattı sistemi için gerekli önemli onarımlar, yazılı bir onarım prosedüründe açıklanacaktır.

2.2 Onarım prosedüründe, asgari olarak, aşağıdaki hususlar yer alacaktır:

- Prosedürün kapsadığı hasarların tipi,
- Kaynak / onarım ön-nitelendirmesi ve kaynak prosedür spesifikasyonu,

- Onarım için ortam koşulları,
- Hazırlık, onarım ve onarım-sonrası işler sırasında kullanılacak takımlar ve donanım,
- Onarım alanının hazırlanması ile ilgili ayrıntılı açıklamalar,
- Onarım yöntemi ile ilgili ayrıntılı açıklamalar,
- NDT prosedürleri, basınç testleri ve kabul kriterleri dahil, onarım-sonrası faaliyetlerin ayrıntılı açıklamaları,
- Emniyet önlemleri.

3. Onarım Prensipleri

3.1 Onarımlar, kontrollü ortam koşullarında yapılacaktır.

3.2 Onarımlar; onarılan boru hattının veya bileşenin şartnameye tam olarak uygun olacağı şekilde yapılacaktır.

Onarımı takiben hidrostatik basınç testi gereksinimi, her durumda ayrı ayrı değerlendirilecektir.

NDT'nin kapsamının yeterince artırılması koşuluyla, maksimum iki yeni çevresel kaynağı içeren bir onarımdan sonra, normalde, hidrostatik basınç testine gerek yoktur.

Normalde hidrostatik basınç testine tabi tutulmayan kaynaklarda, görsel muayeneye ilave olarak, aşağıdaki NDT'ler yapılacaktır:

%100 Radyografik muayene

%100 Ultrasonik muayene

%100 Manyetik parçacık muayenesi.

3.3 Çepeçevre kaynaklı, iki parçalı, manşon veya bileziğin kullanıldığı onarım yöntemlerinde, rakor ve kaplinler onaylanabilir.

4. Yapım Halindeki Bir Boru Hattı Sisteminin Onarımı

4.1 Şartname çevresinde yer almayan kusurları veya hasarları bulunan boru hatları onarılacaktır. Tüm onarımlar, hidrostatik basınç testi başlamadan önce yapılacaktır. Onarımı gerektiren hasarlar, aşağıda belirtilenlerle sınırlı olmamak üzere, şunları içerir:

- Boru yüzeyindeki işaretler, çizikler, çentikler vb.,
- Korozyon kaplaması, ağırlık kaplaması veya tutyaların hasarlanması,
- Kaynak kusurları,
- Boru hattında deformasyon veya burkulma,
- Saha birleştirmelerinin hasarlanması,
- Fitingler, valfler, pig tutucular gibi, boru hattı bileşenlerinin hasarlanması,
- Demir kümeleri, mesnetleri ve kelepçelerinin hasarlanması.

4.2 Flençlerin sızdırmazlık yüzeylerindeki hasarların onarımına izin verilmez. Bu tür hasarları olan flençler reddedilecektir.

4.3 Görsel muayene veya NDT sırasında algılanan kaynak kusurları, Bölüm 7, E.3'e göre onarılacaktır. Onarım için izin verilen maksimum kaynak açıklığı, onarım sırasında boru hattında gerilme varken hesaplanacaktır.

Kaynak onarımının tamamlanmasından sonra, ilgili kaynak, Bölüm 7'deki isteklere göre NDT kullanılarak yeniden muayene edilecektir.

4.4 Korozyon kaplaması onarımına, sadece, önerilen onarım yönteminin, ön-nitelendirme testi sırasında, başarı ile tamamlanması halinde izin verilir. Fiili onarı, ön-nitelendirme testinin yapıldığı koşullarda yapılacaktır.

4.5 Burkulma veya diğer önemli deformasyonları bulunan boru seksiyonu kesilecek veya reddedilecektir.

4.6 Önemli korozyon hasarı bulunan boru hattı reddedilecektir.

5. Çalışmakta Olan Bir Boru Hattı Sisteminin Onarımı

5.1 Örneğin; kaynak veya taşlama gibi, boru hattının bütünlüğünü geçici olarak engelleyen dış yüzey onarımları, özel önleyici önlemlerin onaylanması halinde kabul edilebilir. Bu onarımlar sonucunda, boru hattının bütünlüğü tamamıyla veya asgari olarak, boru-hattının kalan dizayn ömrü ile orantılı olarak sağlanacaktır.

5.2 Çalışmakta olan boru hattı hasarları, aşağıda belirtilenlerle sınırlı olmamak üzere, şunları içerir.

- Korozyon kaynaklı hasarlar,
- Ağırlık veya korozyon kaplaması hasarları,
- Katodik koruma sistemi hasarları,
- Yorulma kaynaklı hasarlar,
- Dış mekanik darbe hasarları,
- Hidrojen kaynaklı çatlama hasarları,
- Erozyon ve aşınma hasarları.

5.3 İşletme sırasında bulunan et kalınlığı azalmaları, kabul edilen kod veya standartlara uygunluk yönünden değerlendirilecektir. Onarım yapılıncaya kadar, izin verilen maksimum işletme basıncında azaltma yapılabilir.

5.4 Onarımlar, hasarlı boru seksiyonunu bir makara ile değiştirerek veya çepeçevre iki parçalı manşon konularak yapılabilir. Cıvatalı kelepçeler gibi diğer onarım yöntemleri de kabul edilebilir. Minimum et kalınlığının belirlenen sınırlar içinde kalması koşuluyla, küçük yüzeylerde taşlama kabul edilebilir. Çatlakların kaynakla onarımına, çatlağın nedeninin bilinmesi veya çatlağın Bölüm 7, E.3.9'da belirtilen küçük alanlarla sınırlı olması halinde izin verilebilir.

6. Raporlama

Bölüm 11, A.1'in hükümlerine bağlı olarak, mal sahibi ve/veya işletici, yapılan tüm onarımları açıklayan tüm raporlar TL'na verilecektir.

C. Yeniden Sertifikalandırma

Dizayn ömrü dolmuş olan veya sözleşme şartnamesini sağlayamayacak duruma gelmiş olan boru hattı sistemleri veya parçaları, burada belirtilen isteklere uyulması koşuluyla TL tarafından yeniden sertifikalandırılabilir.

1. Dizayn Ömrünün Tamamlanmasının İncelenmesi

Dizayn ömrü dolmuş olan bir boru hattı sistemi için emniyetli işletim sertifikasının geçerliliğinin uzatılması veya emniyetli işletim sertifikasının düzenlenmesi 3 aşamada gerçekleştirilir:

- Dizayn değerlendirmesi
- Sistemin servis geçmişi,
- Dizayn ömrü dışındaki süre için sistemin kullanım amacı.

1.1 Servis Geçmişi

Bir boru hattı sistemi veya parçasının, dizayn ömrü dışında herhangi bir süre için TL tarafından yeniden sertifikalandırılması amacıyla, sistemin servis geçmişi A.6 ve B.6'da belirtilen raporla kanıtlanmalıdır. Ayrıca, aşağıdaki analizler yapılmalıdır.

- Boru hattı sisteminin dizayn ömrü sırasında maruz kalmış olduğu işletim çevrimlerinin gerçek sayısı ve yeniden sertifikalandırma periyodu sırasında oluşması öngörülen çevrimleri sayısının esas alındığı bir yorulma analizi.
- Yeniden sertifikalandırmanın istendiği, dizayn ömrü dışındaki süreye ait, C.1.2'de belirtilen parametrelerin esas alındığı bir risk analizi.

Bu analizlerde, boru hattı sisteminin Bölüm 1, B.3'de belirtilen emniyet isteklerine ve korozyon paylarına ait istekler hariç, Bölüm 4 ve 5'deki dizayn isteklerine göre çalıştırılmaya devam edebileceği görülecektir:

1.2 Servisin devamı ile ilgili parametreler

Madde 1.1'de belirtilen analizde parametreler dikkate alınacaktır:

- Orijinal dizayn esasları,
- Sistemin (değişen) basınç / sıcaklık aralığı,
- Taşınan akışkanın (değişen) kimyasal bileşimi,
- Koruyucu kaplama ve tutyaların durumu,
- Boru iç cidarının temizliği,
- Korozyon miktarı,
- Boru hattı eklentilerinin ve yardımcı donanımın / yapıların durumu,

- (değişen) ortam koşulları.

2. Şartname Uygunsuzluğun Değerlendirilmesi

Et kalınlığının (lokal) azalmasına neden olan korozyon formlarının (yani, oluşumunun öngörülmesi zor olan korozyon formları), şartnameye uygunsuzluk değerlendirilmesinde dikkate alınması gerekli değildir. Korozyon payının (kısmen) yitirilmesi durumunda TL, uzatılmış sürede kullanılacak izin verilen maksimum çalışma basıncının yeniden belirlenmesi ve C.1'de belirtilen isteklere bağlı olarak, emniyetli işletim sertifikasını (yeniden) düzenleyebilir.

Fiili et kalınlığı, Bölüm 12, D'de belirtilen akıllı pig'ler kullanılarak veya proses akımı analizi ile öngörülen en yüksek korozyonun olduğu boru hattı boyunca çeşitli yerlerden parçalar alarak ölçülecektir. Korozyon parçalarının muayenesi, diğer ölçümlerin kalibrasyonu çerçevesinde değerlendirilecektir. Bu muayeneler, tek başına fiili et kalınlığının belirlenmesi için dikkate alınamaz.

BÖLÜM 12

CİHAZLAR, İZLEME VE KONTROL

Sayfa

A.	Genel	12- 1
B.	Aşırı Basınca Karşı Koruma.....	12- 1
C.	Kontrol Odaları.....	12-
D.	Boru Hattı İçi İşlemleri (Pigging).....	12-
E.	Testler.....	12-

A. Genel

Boru hattı sistemleri, işleticinin üretim prosesini ve sistemin durumunu yakından izleyebileceği ve kontrol edebileceği, uygun ve yeterli cihazlarla teçhiz edilecektir.

İzleme ve kontrol için kullanılan donanım; bakım, onarım ve değiştirme yönünden ulaşılabilir. Bu donanım; bakım, onarım ve değiştirmenin boru hattı sistemini kapatmaya gerek olmaksızın yapılabileceği şekilde yerleştirilecektir.

Taşınan akışkanın oluşturduğu aşırı basınca karşı otomatik koruma için kullanılan donanım, kendinden emniyetli ve tam fazlalıklı olacaktır.

Tüm elektrik donanımı; ilgili kod veya standartlarda belirtilen alan sınıflarının gerektirdiği şekilde, tehlikeli alanlarda kullanıma uygun olacaktır.

B. Aşırı Basınca Karşı Koruma

Boru hattı sistemi taşınan akışkanların oluşturduğu aşırı basınca karşı korunacaktır.

Aşırı basınca karşı tek koruma düzeni olarak, giriş kapama valfinin kullanılması halinde, fiziksel bağlantılı üçte-iki seçme lojiği ile (hardwired two-out-of-three voting logic) teçhiz edilen High Integrity Safety System (HISS) ile harekete geçirilecektir. Bölüm 4, B.1.1'deki hükümlerde belirtilen basınç değişimleri altında

çalıştırılmak üzere dizayn edilen boru hatları (uzun mesafeli), burada belirtilen kontrol donanımına ilave olarak, boru hattı sisteminin akımın başlangıç ve bitiş uçlarında bağımsız kapatma sistemleri ile teçhiz edilecektir. Bu donanımın emniyet bütünlüğü düzeyi, DIN V 19250 veya IEC 61508 yada eşdeğerlerindeki isteklere uygun olacaktır. Gerekli emniyet bütünlüğü düzeyine bağlı olarak, bu donanımın çalışması için kullanılan donanım ve yazılımın doğrulaması da gerekli olabilir.

Herhangi bir anda boru hattı sistemindeki basınç Bölüm 4, B.1.2'de verilen sınırlamaları aşmayacaktır.

C. Kontrol Odaları

1. Boru hattı operasyonlarının kontrolü ve izlenmesi için en az bir adet kontrol odası bulunacaktır. Kontrol odaları uygun bir şekilde yerleştirilecek, aydınlatılacak ve kontrol düzenleri ile cihazların doğru işlemlerini ve işletim personelinin konforunun sağlanması için sıcaklık ve nemi kontrol eden bir sistem ile teçhiz edilecektir. Kontrol odalarının giriş ve çıkışlarında engeller bulunmayacaktır.

Gereken hallerde, kontrol odaları patlamaya karşı korumalı olacak ve/veya buharların girişini önlemek üzere nominal bir aşırı basınç altında tutulacaktır. Cihazlar, asgari olarak, aşağıda belirtilen proses parametrelerinin izlenmesi için gerekli donanım, gösterge ve uyarı aygıtına sahip olacaktır:

- Proses akımının basıncı,
- Proses akımının sıcaklığı,
- Akım miktarı,
- Kütle balansı,
- Gaz boru hatlarının nem miktarı,
- Aşırı basınca karşı ikaz.

Ayrıca, kontrol odaları, emercensi kontrol ofisleri ve servisleri ile devamlı iletişimi sağlayan bir sistem ile teçhiz edilecektir.

İkazlar, sesli ve görsel olarak verilecek ve kaydedilecektir.

2. Eğer çoklu kontrol odaları varsa (örneğin, boru hattının her iki ucunda), birbirleri arasında iletişimi sağlayan iki bağımsız iletişim kanalı bulunacaktır. Bunlardan biri sesli iletişim kanalı olacaktır.

D. Boru Hattı İçi İşlemleri (Pigging)

1. Boru hattı sistemleri, emniyetli ve kontrollü tarzda yapılabilecek olan pigging işlemlerini kolaylaştıracak şekilde dizayn edilecektir. Boru hatları; emniyetli doldurma, çalışma, boşaltma, temizleme ve cihazlı pigler için gerekli donanımla teçhiz edilmelidir. Eğer sabit pig tutucular öngörülmemişse, sistem geçici tutucuların konulmasına göre dizayn edilecektir.

Sabit pig tutucular, rutin pigging işlemleri için cihazsız araçların yerleşimine göre dizayn edilecek ancak, in-line muayeneler için cihazlı araçların yerleşimine elverişli olabilecektir.

Pigging işlemleri, pig'in konumunun izlenmesi ile ilgili sistem dahil, onaylı prosedürlere göre yapılacaktır.

2. Tutucu basınç altında iken, tutucu kapağının açılmasını sağlayan dahili kilitlemeler bulunacaktır.

3. Sabit pig tutucular, çiftli blokaj ve boşaltma valf düzenleri ile teçhiz edilecektir.

4. Sabit pig tutucu donanımında, pig tutucularının basınçlandırılması ve doldurulması, özel bir doldurma hattı vasıtasıyla yapılacaktır.

5. Bir pig tutucunun, basıncının boşaltılması ve hava fırar / dreyninin, merkezi bir hava fırar / dreyn sistemi vasıtasıyla yapıldığı hallerde, geri akımlar geri döndürmez valfler veya valf kilitleri ile önlenecektir. Tutucular, azotla temizlenmelidir.

E. Testler

Tüm cihazlar, kontrol ve izleme sistemleri, üreticinin montaj, test ve çalıştırma prosedürleri dikkate alınarak, boru hattı sisteminin çalışmaya alınmasından önce test edilecektir.

Testler, aşağıda belirtilenler dikkate alınarak yapılacaktır:

- Set noktaları ve eşiklerin doğru olarak ayarı,
- Spesifikasyonda istenilen hallerde fazlalığın doğrulanması,
- Arıza-emniyetli davranışın doğrulanması,
- Dahili kilitlemenin doğrulanması.

BÖLÜM 13**BORU HATTI SİSTEMLERİNİN HİZMET DIŞINA ALINMASI****Sayfa****A. Hizmet Dışına Alma13- 1****A. Hizmet Dışına Alma**

Hizmet dışına alma; boru hattı sisteminin geçici olarak hizmet dışına alma ve sistemin terk edilmesi için hizmet dışına alma olarak iki başlıkta incelenecektir.

1. Bakım için Hizmet Dışına Alma

Eğer bir boru hattı sistemi, geçici olarak hizmet dışına alınacaksa, boru hattı sertifikasının geçerliliği devam ettirilecekse, ilerideki bir tarihte hizmete alınmaya hazır durumda tutulacak ve korunacaktır. Boru hattı sertifikası, bakım süresi sırasında, aşağıdaki koşullar dahilinde geçerliliğini sürdürebilir:

- Boru hattı sistemi bitişik sistemlerden izole edilecektir.
- Eğer boru hattı, bitişik sistemlerden ayrılmamışsa, bitişik sistemlerden herhangi bir proses akımının olmasını önleyici önlemler alınacaktır.
- Boru hattı sistemindeki akışkan serbest su veya aşındırıcı maddeler içermeyecektir.
- Eğer sistem deniz suyu ile geçici olarak hizmet dışına alınmışsa, tüm hizmet dışına alma süresi boyunca korozyonun ve bakteriyel canlıların etkin olarak kontrolünü sağlamak üzere, deniz suyu, yeterli miktarda kimyasallarla işleme tabi tutulacaktır.
- Uygulama olanağı varsa, su hattı altında mekanik bağlantıları bulunan boru hattı sistemindeki akışkan; hizmet dışına alma süresi boyunca deniz suyunun girmesini önlemek üzere,

güzergah boyunca en derin seksiyondaki basıncın hemen üzerindeki bir basınca sahip olmalıdır.

- Pig tutucular dahil, boru hattı üzerindeki valf ile üst taraf boru devresi bağlantısı arasında yer alan boru hattı sistemi seksiyonu, durgunlaştırılacak ve azot, dizel oil veya stabilize ham petrol kullanılırsa, sistemi aşırı basınca karşı korumak için gerekli önlemler alınacaktır.
- Boru hattı sisteminin hizmet dışına alınan seksiyonunu ayıran valfler hariç, tüm valfler; azot, dizel oil veya stabilize ham petrol dolumu başlamadan önce yarı-açık konuma getirilecektir.
- İnsansız platformlarda veya karada yer alan sistemlerde, tüm cihazlar çıkarılacak ve bunların bağlantıları kapatılacaktır.
- Mevcut düzenler kullanılarak, korozyon izlemesi tüm hizmet dışına alma süresi boyunca, mümkün olduğunca sürdürülecektir.
- Mümkün olduğunca, düzenli aralıklarla göz muayeneleri yapılacaktır.

Hizmet dışına alma süresi sırasında boru hattı sertifikasının geçerliliğini sürdürme başvurusunda, yukarıdaki koşulların sağlanması ile ilgili planlar ve yöntemlere ait dokümanlar verilecektir.

2. Sistemin Terk Edilmesi için Hizmet Dışına Alma

Terk edilecek olan boru hattı sistemi veya bir parçası, yasal mevzuata bağlı olarak, aşağıdaki koşulların sağlanması kaydıyla, yerinde bırakılabilir:

- Yetkili otoritenin istekleri karşılanacaktır.
- Temizlendikten sonra boru hattı sistemi içinde serbest hidrokarbon artığı bırakılmayacak ve sistem deniz suyu ile dolu olarak bırakılacaktır.
- Boru hattı sistemi ilgili sistemlerden flençler veya kör başlıklarla kalıcı olarak ayrılacak, deniz yatağındaki boru hattı sisteminin uçları uygun şekilde kapatılacaktır.

- Boru hattı sistemi denizcilik ve balıkçılık faaliyetlerine engel oluşturmayacaktır.
- Seyir ve ilgili diğer haritalar güncelleştirilecektir.

Terk etme yasal istekler ve/veya uluslararası kurallara bağlı ise de, **TL** başvuru halinde, **TL**'nin gözetimi altında yapıldığı takdirde, yukarıdaki koşulların sağlanmış olduğunu belgelendirebilir.

EK A

MALZEMELERİN VE KAYNAKLARIN TEST YÖNTEMLERİ

	Sayfa
A. Kapsam.....	Ek A- 1
B. Test Makinaları ve Personeli.....	Ek A - 1
C. Örnek Hazırlama ve Testler	Ek A -
D. Test Örneklerinin Yerleri	Ek A -
E. Test Sonuçlarının Raporlanması.....	Ek A -
F. Kimyasal Analizler.....	Ek A -
G. Çekme Testi.....	Ek A -
H. Çentik Darbe Testi	Ek A -
I. Ağırlık Düşürme Testi	Ek A -
J. Kaynakların Eğme Testi.....	Ek A -
K. Kaynakların Makro Muayenesi.....	Ek A -
L. Kaynakların Sertlik Testi	Ek A -

A. Kapsam

Bu ekte; üretim ve kaynak prosedürlerinin ve kaynak personelinin sınıflandırılması ve boru hattı sisteminin boruları ve bileşenlerinin üretimi sırasında kalite kontrolü için yapılan kimyasal, mekanik ve teknolojik malzeme ve kaynak testleri ile ilgili istekler verilmektedir.

2. Diğer standart test yöntemleri, test örneği şekilleri ve testlerin kombinasyonu, TL'nun yazılı onayı ile kullanılabilir.

TL'nun Malzeme Kuralları ile Kaynak Kuralları, boru hattı sistemlerine uygulanabilen kapsamda dikkate alınacaktır.

B. Test Makinaları ve Personeli

Tüm testler, kalibre edilmiş test makinaları kullanılarak, vasıflı ve eğitilmiş personel tarafından yapılacaktır. Test makinaları iyi koşullarda muhafaza edilecek bir test kuruluşu tarafından düzenli aralıklarla kalibre edilecektir. Kalibrasyon kayıtları, test laboratuvarında, incelenmek üzere hazır bulunacaktır.

C. Örnek Hazırlama ve Testler**1. Tanımlar**

1.1 “Numune” terimi; örnek almak amacıyla test ünitesinden seçilen ürüne (örneğin levha veya boru) uygulanır.

1.2 “Test parçası” terimi; numuneden alınan ve bir yada daha fazla test örneğinin hazırlanmasına hizmet eden malzeme kısmını ifade eder.

1.3 “Test örneği” terimi; veya işleniş durumunda, test kısmından alınan, belirlenmiş ölçülere sahip ve ilgili teste tabi tutulan parçaya uygulanır.

2. Test Parçaları ve Test Örneklerinin İşaretlenmesi

2.1 Test parçaları ve test örnekleri, numuneyi temsil edecektir.

2.2 Test parçaları ve test örnekleri, alındıktan ve hazırlandıktan sonra, hangi numuneden alındıkları, numune üzerinde nasıl konumlanmış oldukları anlaşılabilir şekilde alınacaktır. Test örneklerinin hazırlanması sırasında, orijinal işaretlerin silinmesi kaçınılmaz ise, bunlar diğer bir yere işaretlenecektir.

2.3 Test parçasından kesilmeden önce, test örnekleri sövreyör tarafından damgalanacaktır.

2.4 Aksine anlaşılmaya varılmadıkça, tüm mekanik ve teknolojik testler sövreyörün gözetiminde yapılacaktır. Metalografik örneklerin fotoğrafları, incelenmek üzere sövreyöre verilecektir.

3. Test Örneklerinin Hazırlanması

3.1 Tüm test örnekleri, belirtilen ölçülere göre işlenecektir.

3.2 Test parçaları veya test örneklerinin alınmasında, malzeme deformasyonlarından mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Alma işlemi sıcak veya makasla kesme ile yapılıyorsa, işleme için yeterli paylar bırakılacaktır.

3.3 Test örnekleri alınmadan önce, test parçalarının düzeltilmesi gerekli ise (örneğin; borulardan enine örnekler alındığı hallerde), düzeltme işlemi normalde soğuk durumda yapılacak ve malzemenin mekanik özelliklerine önemli bir etkisi olmayacaktır. Buna olanak yoksa, test örnekleri, düzeltme gereği olmaksızın alınacaktır. boru cidarından boyuna doğrultuda alınan çekme örnekleri, geys işaretleri arasında preslenmeyebilir.

D. Test Örneklerinin Yerleri

1. Test parçaları, numunedeki belirlenen yerlerden alınacaktır. Bunlar, olası tekrar testleri için gerekli ilave test örnekleri ile birlikte, testlerin yapılması için öngörülen test örnekleri için yeterli malzeme sağlanacak büyüklükte olacaktır.

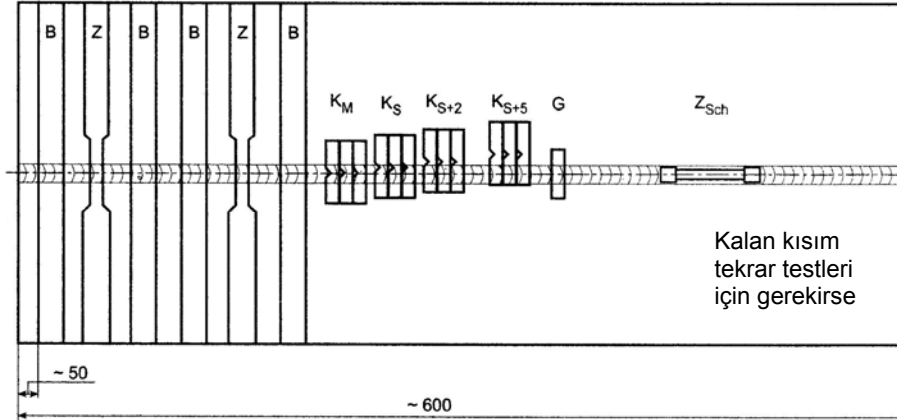
2. Dikişsiz hat boruları için tüm test örnekleri, boru gövdesi üzerindeki herhangi bir yerden alınabilir.

3. Kaynaklı hat boruları ve kaynaklı bileşenler için test örnekleri aşağıdaki yerlerden alınacaktır:

Boru gövdesi : Kaynağın dışından.

Kaynak dikişi : Şekil A.1'de görülen yerden, kaynağa dik yönde,

4. Soğuk veya sıcak şekillendirilen dirsekler için, test örneği; ve ısıtılma işlemi tabi tutulan, dirsek kısımlarından alınacaktır. Eğme testi örnekleri; eğme eksenine dik eksende, maksimum çekme-uzama alanından alınacaktır. Dirseğin boyuna kaynak dikişi içerdiği hallerde, test örnekleri 4.3'de kaynaklı borular için tanımlanan şekilde alınacaktır.



Örneklerin gösterimi:

Z = Çapraz kaynak çekme örneği

B = Eğme testi örneği

K = Çentik şekli aşağıda belirtilen çentik darbe örneği:

K_M = Kaynağın merkezi

K_S = Erime hattı

K_{S+2} = Erime hattından 2 mm mesafede

K_{S+5} = Erime hattından 5 mm mesafede

G = Makro kesit

Z = Kaynak metali çekme örneği (özel hallerde gerekli olabilir).

Şekil A.1 Kaynaklı boruların ve kaynaklı boru bileşenlerinin üretim testleri ve üretim nitelendirmesi, kaynak prosedür nitelendirmesi için test parçaları

5. Dövme bileşenler için test örnekleri; en yüksek gerilmeli kesitteki deformasyon oranını temsil eden bir deformasyona sahip bir yerden alınacaktır. Birlikte dövülen parçalar sağlanmazsa, ayrı dövülen test parçaları kullanılabilir. Test örnekleri; yüzeyden itibaren et kalınlığının $\frac{1}{4}$ 'ü mesafesinde, ana eksenleri liflere paralel veya teğetsel olacak şekilde yerleştirilecektir.

6. Dökümler için, test örnekleri; döküm bileşen ile birlikte dökülmüş numunelerden alınacaktır. Numunenin kalınlığı dökümün ilgili et kalınlığına uygun olacak, ancak 20 mm'den az olmayacaktır. Kalın cidarlı dökümlerde, numune kalınlığının 100 mm'yi aşmasına gerek yoktur. Numune, dökümden, sadece nihai ısıtım işlemi tamamlandıktan sonra alınabilir.

E. Test Sonuçlarının Raporlanması

Belirtilen testlerin sonuçları, oda sıcaklığından ($15 \pm 25^\circ$) farklı ise test sıcaklığı da belirtilerek, test sertifikasına yazılacaktır.

F. Kimyasal Analizler

Kimyasal bileşim ıslak analiz yoluyla veya spektrografik yöntemle belirlenecektir.

Pota analizi; eriyiğin bileşiminin üniform olduğunun kontrol edilmesi için çelik döküm işlemi sırasında alınacaktır.

Kontrol analizleri; işlenmiş ürünlerden alınacaktır. Kimyasal bileşimin belirlenmesi, şartnamede belirtilen tüm elementler ile malzeme özelliklerini kontrol etmek üzere çelik üreticisi tarafından ilave edilen elementleri içerecektir.

G. Çekme Testi

1. Semboller ve Gösterimler

Test örneklerinin boyutlarının belirtilmesi için aşağıdaki semboller kullanılır:

d_o = Yuvarlak örneğin çapı [mm]

a = Düz örneğin kalınlığı [mm]

b = Düz örneğin genişliği [mm]

L_o = Başlangıç ölçü boyu [mm]

L_c = Test boyu [mm]

S_o = Test boyu içindeki başlangıç kesit alanı [mm²]

S_u = Kırılmadan sonra örneğin minimum kesit alanı [mm²]

r = Örneğin ucundaki yanak yarıçapı [mm]

D = Borunun dış çapı [mm]

t = Ürünün kalınlığı [mm]

Boyut toleransları, ilgili standartlarda belirtildiği gibi olacaktır.

2. Ölçüler

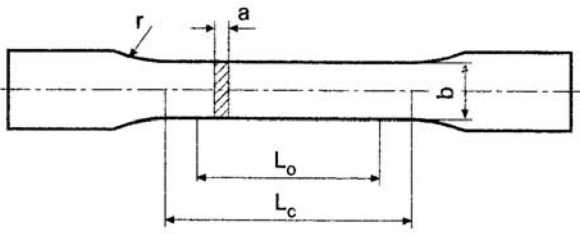
Çekme testi örneklerinin ölçüleri ISO 3183-3'de belirtilen şekilde olacaktır.

2.1 Tercihen, bu ölçü boyu için Bölüm 6'da uzama ile ilgili isteklerde belirtilen $L_o = 5,65\sqrt{S_o}$ başlangıç ölçü boyuna sahip kısa test örnekleri kullanılmalıdır.

2.2 Dikişsiz hat boruları, dikişsiz boru bileşenleri, kaynaklı hat boruları ve kaynaklı bileşenler için, EN 10002, Part 1 veya ISO 6892'ye göre Şekil A.2'de gösterilen yassı çekme test örneklerinin kullanımı tercih edilmelidir. Metalin haddelenmiş yüzeyi korunacaktır. Büyük et kalınlıklarının testinde, makinanın çekme yükü kapasitesi yetersiz kalırsa, örneğin kalınlığı, bir taraftan işlemek suretiyle azaltılabilir. Alternatif olarak, 2.3'de belirtilen yuvarlak çekme test örneği kullanılabilir. Örnekler; eksenleri, bir yüzden itibaren ölçülen ürün kalınlığının $\frac{1}{4}$ 'ünde yer alacak veya bu konuma mümkün olduğunca yakın olacak şekildeki numuneden alınacaktır.

Tablo A.1 Dairesel kesitli test örnekleri

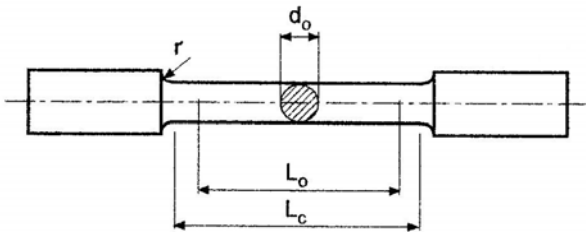
k	Çap D [mm]	Orijinal kesit alanı S ₀ [mm ²]	Orijinal ölçü boyu L ₀ = k√S ₀ [mm]	Minimum paralel boy L _c [mm]	Toplam boy L _t [mm]
5,65	20±0,150	314	100±1,0	110	Test parçasının makina dişlerine bağlantı yöntemine bağlıdır. Esas olarak: L _t > L _c + 2d veya 4d
	10±0,075	78,5	50±0,5	55	
	5±0,040	19,6	25±0,25	28	



Şekil A.2 Yassı test örneği

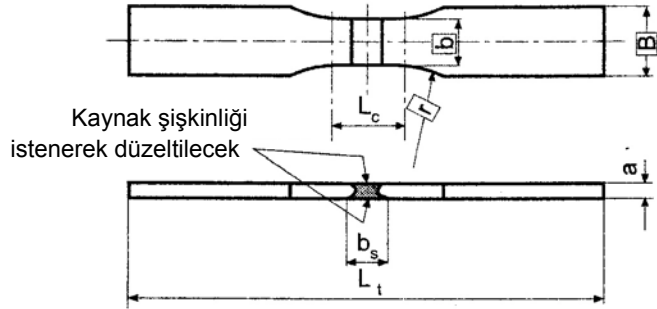
2.3 Herhangi bir et kalınlığındaki döküm ve dövme EN 10002, Part 1'e uygun olan veya Şekil A.3'de gösterilen yuvarlak çekme test örneği ile test edilecektir.

2.4 Kaynaklar; Şekil A.4'de gösterilen yassı, kaynaklı çekme örneği kullanılarak test edilecektir. Örneğin "a" kalınlığı, normalde et kalınlığıdır. Et kalınlığı 30 mm.'den fazla, 50 mm.'den az ise, örnekler, bir yüzden 30 mm.'ye kadar işlenebilir. 50 mm. ve daha fazla kalınlıklarda, kesit üzerinde düzgün aralıklarla yerleştirilen iki veya daha fazla örnek hazırlanacaktır. Bu çekme testi, kaynaklı birleştirmenin çekme mukavemetinin ve çatlağın yer ve tipinin belirlenmesi için yapılır.

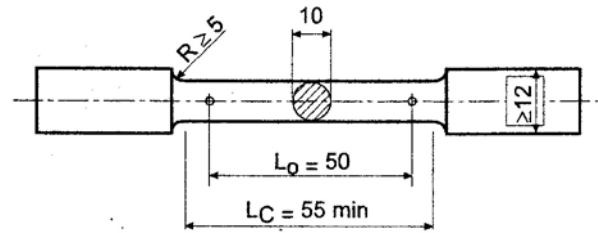


Şekil A.3 Yuvarlak test örneği

2.5 Kaynak metalinin çekme mukavemeti, akma mukavemeti, uzaması ve kesit azalmasını belirtmek için, Şekil A.5'de gösterilen yuvarlak çekme test örneği kullanılarak, çekme testi yapılacaktır. Örnekler; Şekil A.6'da gösterilen yerden, boyuna eksenleri kaynak dikişi doğrultusunda olacak şekilde, kaynak metalinden alınacaktır.



Şekil A.4 Kaynaklar için yassı test örneği

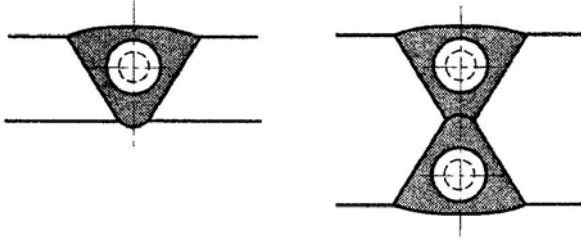


Şekil A.5 Yuvarlak çekme test örneği (kaynak metali)

3. Çekme Testinin Yapılması

Çekme testi tanınmış standartlara göre yapılacaktır. Akma mukavemeti; bir genleşme ölçer kullanılarak, ölçü boyunun %0,5'i kadar toplam uzama oluşturmak için gerekli olan çekme gerilmesi olarak veya gerilme-uzama eğrisinden belirlenecektir. Gerilme arttırım miktarı, akma

noktası aşılanı kadar 30 N/mm^2 'yi aşmamalıdır. Akma ve çekme mukavemeti değerleri 1 N/mm^2 'lik hassasiyete belirtilecektir.

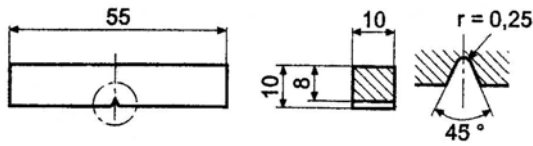


Ek A.6 Kaynak metalindeki örneklerin yeri

H. Çentik Darbe Testi

1. Test Örneklerinin Ölçüleri

Çentik darbe testi; ISO 148'deki toleranslar dahilinde Şekil A.7'de gösterilen boyutlarda işlenmiş çentik darbe test örneği ile yapılacaktır.



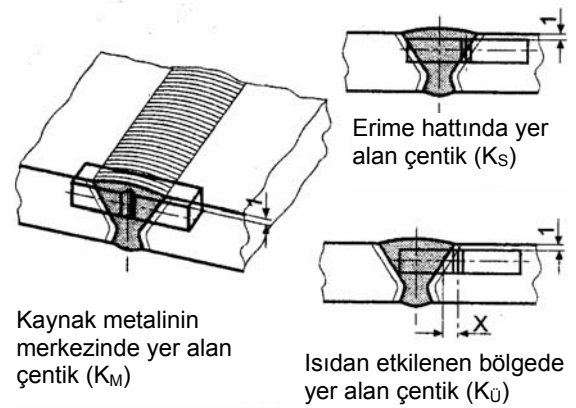
Ölçüler	Nominal ölçü	Tolerans
Boy	55 mm	$\pm 0,60 \text{ mm}$
Genişlik	10 mm	$\pm 0,11 \text{ mm}$
Yükseklik	10 mm	$\pm 0,06 \text{ mm}$
Çentik açısı	45°	$\pm 2^\circ$
Çentik dibinden yükseklik	8 mm	$\pm 0,06 \text{ mm}$
Çentik yarıçapı	0,25 mm	$\pm 0,025 \text{ mm}$
Çentik merkezi ile örneğin ucu arasındaki mesafe	27,5 mm	$\pm 0,42 \text{ mm}$
Çentiğin simetri düzlemi ile örneğin boyuna eksen arasındaki açı	90°	$\pm 2^\circ$
Bitişik boyuna örnek yüzeyleri arasındaki açı	90°	$\pm 2^\circ$

Şekil A.7 Çentik darbe örneği

2. Örneklerin Yerleri

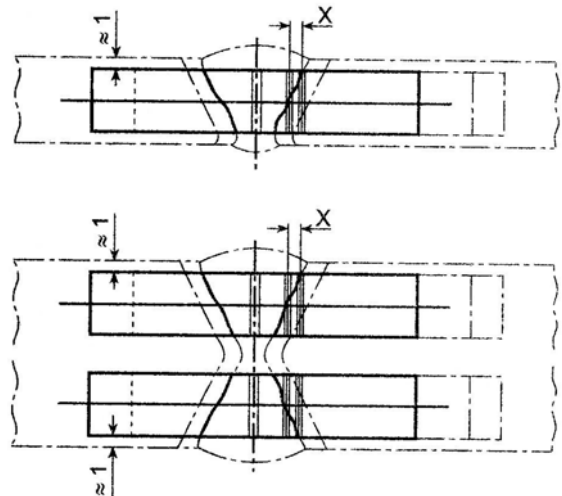
2.1 Örnekler; boyuna eksenleri boru eksenine ve/veya kaynak dikişi doğrultusuna dik olmak ve çentik eksenini ürünün yüzeyine dik ve 2 mm mesafede olmak üzere test parçası üzerine konumlandırılacaktır.

2.2 Kaynak dikişinden alınan test örnekleri için, çentik kaynak metalinin merkezine, erime hattına ve erime hattından belirli mesafede, ana metalin ısıdan etkilenen bölgesine yerleştirilecektir (Şekil A.1 ve A.8'e bakınız).



Şekil A.8 Kaynak dikişinin çentik darbe testi için alınacak örneklerin yerleri

Nominal et kalınlığı 20 mm.'den daha fazla olan kaynaklı borular ve bileşenler için, Şekil A.9'da gösterilen yerlerden 2 takım örnek alınacaktır.



Şekil A.9 Kaynak dikişinde çentik darbe testi örneğinin yeri

3. Testlerin Yapılması

Çentik darbe testi; sarkaçlı darbe test makinası vasıtası ile, en az 300 J darbe enerjisi ve 5 ± 5 m/sn darbe hızı ile yapılacaktır. Mesnetler arası mesafe 40 mm, vurucu kafanın profil açısı $30^\circ \pm 1^\circ$ ve 2 mm (+0,5-0)'lik bir yarıçapla yuvarlatılmış olacaktır.

Test sıcaklığı şartnameye göre olacak ve çatlama anında bu sıcaklıktan $\pm 2^\circ\text{C}$ 'dan fazla sapmayacaktır. Eğer örnekler banyoya konularak soğutuluyorsa, bunlar en az 10 dakika banyoda kalacaktır.

Darbe tarafından emilen enerji 1 Joule (J) hassasiyetle belirtilecektir.

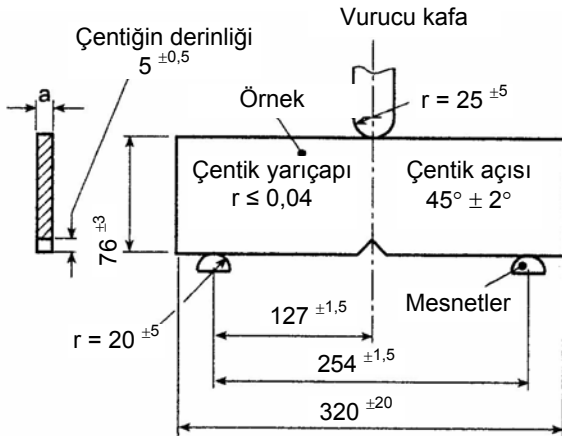
I. Ağırlık Düşürme Testi

Ağırlık düşürme testi; Şekil A.10'da gösterilen boyutlara göre işlenmiş olan tam kalınlıklı örneklerle API RP 5L3'e göre yapılacaktır. Eğer kalınlığı azaltılmış örnekler kullanılıyorsa, her iki yüzey 19 mm. kalınlığa kadar eşit olarak işlenecektir. Test sıcaklığı API RP 5L3'de verilen değere düşürülecektir. Örnek; çentik yüzeye dik olmak üzere, boru eksenine dik alınacaktır.

Testler; çatlama anında, belirtilen değerden $\pm 1,1^\circ\text{C}$ 'dan daha fazla sapmayan bir test sıcaklığında yapılacaktır.

Eğer örnekler banyoya konularak soğutuluyorsa, bunlar en az 20 dakika banyoda kalacaktır.

Çatlak görünümü kesme alanı yüzde olarak belirtilecektir.

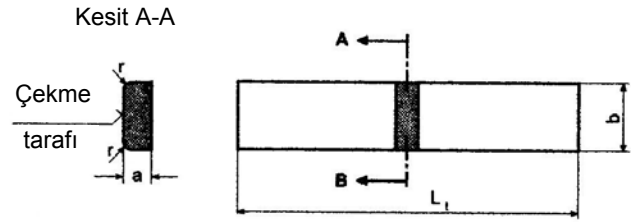


Şekil A.10 Ağırlık düşürme testi örneğinin ölçüleri (a = örnek kalınlığı)

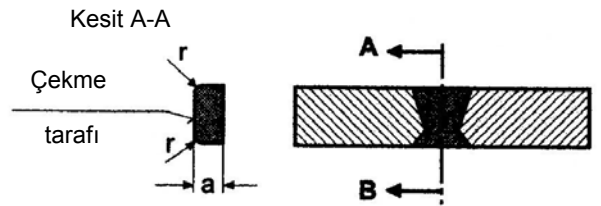
J. Kaynakların Eğme Testi

1. Kaynaklı birleştirmelerin sünekliğinin belirlenmesi için yapılan eğme testi; kaynaklı borunun veya kaynaklı bileşenin et kalınlığına bağlı olarak enine eğme testi veya yanlamasına eğme testi veya yanlamasına eğme testi olarak gerçekleştirilecektir. Bu amaçla; örnek, öngörülen çapta bir mandrel üzerinde eğilir ve eğme açısı ölçülür. Örnek ölçüleri ve değerlendirilmesi ISO 7438'e göre olacaktır.

2. Ölçüleri Şekil A.11 (enine eğme testi ve Şekil A.12 (yanlamasına eğme testi)'ye göre olan örnekler, işlenerek hazırlanacaktır. Örneğin kalınlığı, normalde et kalınlığına eşit olacaktır. Et kalınlığı 30 mm.'den fazla ise, örnekler bir taraftan işlenerek 30 mm. kalınlığa indirilebilir. Testler sırasında, örneğin çekmeye zorlanan tarafında kenarlar belirlenen r yarıçapı ile yuvarlatılabilir.



Şekil A.11 Enine eğme test örneği



Şekil A.12 Yanlamasına eğme test örneği

3. Test spesifikasyonuna bağlı olarak, test örneği, Şekil A.13'de gösterilen test düzenine, aşağıdaki şekilde monte edilecektir:

- Enine eğme testi sırasında kaynağın kök veya alın tarafı çekmeye zorlanır.
- Test yükü, yanlamasına eğme testi sırasında, dikişin orijinal boyuna eksenine doğrultusunda etki eder.

EK B

TAHRİBATSIZ TESTLERİN KABUL KRİTERLERİ

Sayfa

A.	Radyografik Test Sonuçlarının Kabulü.....	Ek B - 1
B.	Ultrasonik Testlerin Kabul Kriterleri.....	Ek B - 1
C.	Manyetik Parçacık Muayenesinin Kabul Kriterleri.....	Ek B -
D.	Girici Sıvı Kriterlerinin Kabul Kriterleri.....	Ek B -
E.	Görsel Muayenelerin Kabul Kriterleri.....	Ek B -

A. Radyografik Test Sonuçlarının Kabulü

1. Radyografik filmler; yorumlamaya olumsuz etki edebilecek olan kusurlardan arınmış olacaktır. Filmler izlenebilir olacak ve genelde aşağıdaki kriterlere uyacaktır:

- Radyografik filmlerde proses kusurları, mekanik kusurlar ve çekim kusurları bulunmayacaktır.
- Radyografik filmlerde tüm belirleyici ayrıntılar bulunacaktır (yani; proje adı, yer, kaynak no., çap, kalınlık, çekim tarihi, yer işaretleri, vb. kaynak onarımı filmleri, onarımın kaçınıcı kez yapılmış olduğunu ifade eden rakamlarla birlikte "R" ile işaretli olacaktır, R₁, R₂ gibi).
- Radyografik filmler sadece kuru durumda değerlendirilecektir.
- Radyografik filmler aşağıda belirtilen özelliklere sahip olacaktır:
 - Aşağıdaki formülle hesaplanmak üzere %2 veya daha az olacaktır:

$$\text{Hassaslık} = \frac{\text{görülebilen en küçük tel çapı} \times 100}{\text{kaynak kalınlığı}}$$

- Yoğunluk 1,8 ÷ 3,0 aralığında.

2. Radyografik Testlerin Kabul Kriterleri

Kabul kriterleri, yani kaynak kusurlarının izin verilen maksimum boyutları (boy, genişlik, çap veya alan) aşağıdaki gibi olacaktır:

Herhangi bir tip ve boyutta çatlak kabul edilmez.

Erime veya nüfuziyet hatası; hangisi küçükse 2t veya 25 mm. (t, ana metalin kalınlığıdır. Ana metalin kalınlığının değişmesi halinde, t, nce olan değerdir).

Yetersiz nüfuziyet; tekil boyu 50 mm. ve toplam boyu, kaynak boyunun %8'i.

Cüruf karışıklığı;

- Uzun cüruf karışıklığı; boyu, hangisi küçükse, 3 t veya 50 mm, genişliği 1.5 mm.

- İzole cüruf karışıklığı; boyu, hangisi küçükse, 2t veya 12,5 mm. genişliği 3,0 mm.

Cüruf karışıklığının toplam boyu, kaynak boyunun %8'ini aşmayacaktır.

Gözeneklilik;

- Tekil veya dağınık gözeneklilik boyutu t/4 veya 3,0 mm.

- Dağınık gözeneklilik dağılımı, API 1104'e göre, Şekil B.1 ve B.2'de gösterilen şekilde.
- Kümelenmiş gözeneklilik; herhangi bir 300 mm.'lik devamlı kaynak boyunda 12 mm. çaplı alan ve tekil gözenek çapı 2,0 mm.
- Tekil boş tanecik gözenekliliği; boy 12,5 mm. ve 300 mm kaynak boyunda toplam boy 50 mm. veya 50 mm.'den daha az aralıklı ise boy 6,5 mm. Toplam boy; kaynak boyunun %8'ini aşmayacaktır.

Dış konkavlığa (iç bükey) izin verilmez.

Aşağıdaki durumlarda, yoğunluğu, bitişik en ince ana metalin yoğunluğunu geçen yanmalar:

- Tekil bulgu boyu 6,5 mm.
- 300 mm. devamlı kaynak boyunda veya toplam kaynak boyunda (hangisi küçükse) bulguların toplamı 12,5 mm.

Kök ve kapak yanma çentiklerinin toplam boyu; 300 mm. kaynak boyunda 50 mm'lik herhangi bir kombinasyon, ancak toplamda, kaynak boyunun 1/6'sını geçemez.

Aşırı nüfuziyet; devamlı kaynak boyundaki boy, 50 mm. veya kaynak boyunun %8'i (hangisi küçükse).

B. Ultrasonik Testlerin Kabul Kriterleri

Aşağıdaki kabul kriterleri uygulanır:

- Referans düzeyinin %50 üzerindeki tüm bulgular değerlendirilecektir.
- DAC'ın %50'si ile %100'ü arasındaki bulguların botu 2t veya 25 mm'yi (hangisi küçükse) geçmeyecektir.
- DAC'ın %100'ünü aşan bulguların boyu 1 lt veya 12,5 mm.'yi (hangisi küçükse) geçmeyecektir. (t,

ana metalin kalınlığıdır. Değişken kalınlıklı durumda t, ince olan değerdir.

C. Manyetik Parçacık Muayenesinin Kabul Kriterleri

Aşağıda belirtilen kusurların bulunmadığı hallerde, bir kaynaklı birleştirme kabul edilecektir:

- Her türlü lineer bulgular (lineer bulgular; boyu genişliğinin 3 katından fazla olan bulgulardır),
- 3,0 mm. veya t/4'den (hangisi küçükse) büyük olan yuvarlak bulgular,
- Birbirinden bulgu çapının iki katından daha az mesafede, bir doğru üzerinde yer alan 4 ve daha fazla yuvarlak bulgular.

Yuvarlak bulgular, boyu genişliğinin 3 katı veya daha azı olan bulgulardır).

D. Girici Sıvı Testlerinin Kabul Kriterleri

Girici sıvı testlerinin kabul kriterleri, manyetik parçacık testlerinininki ile aynıdır.

E. Görsel Muayenelerin Kabul Kriterleri

Kaynaklı birleştirmelerde aşağıda kusurlar bulunmayacaktır:

- Aşağıdaki boyutlardaki yanma çentikleri:

Derinliği 0,8 mm. veya boru et kalınlığının %12,5'undan (hangisi küçükse) fazla olan çentikler.

Derinliği 0,4 mm. veya boru et kalınlığının %6-12,5'u arasında olan ve boyu, 300 mm. kaynak boyunda veya toplam kaynak boyunun 1/6'sında (hangisi küçükse) 50 mm'den fazla olan çentikler.

Derinliği 0,4 mm. veya boru et kalınlığının %6'sını

geçen (hangisi küçükse) ve boyuna bakılmaksızın şekli veya çentik etkisinin zararlı olduğu kabul edilen çentikler.

- Ark yanıkları

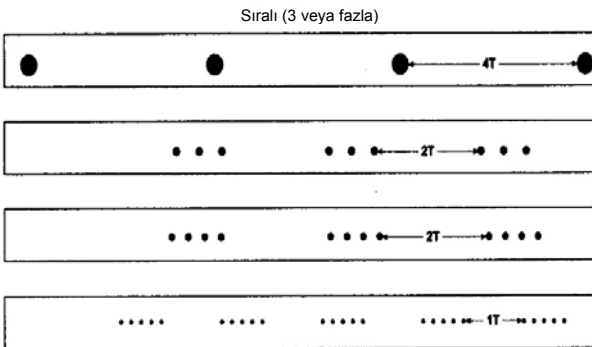
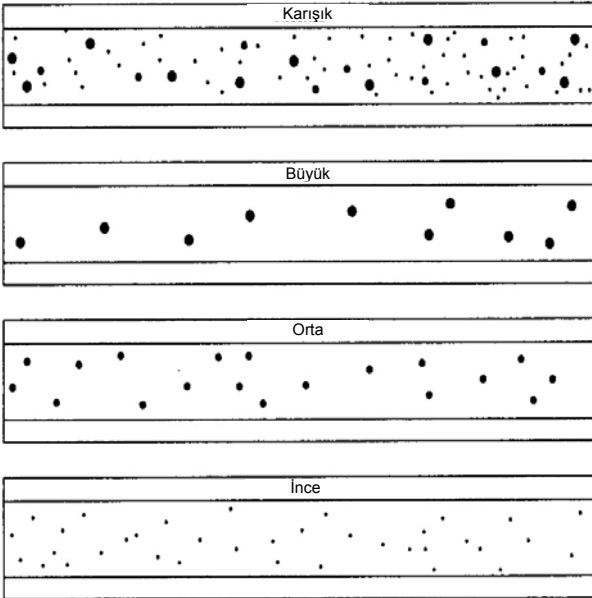
- Aşırı şişkinlik

$t \leq 12,5$ için yükseklik, azami 3 mm.

$t > 12,5$ için yükseklik, azami 4 mm.

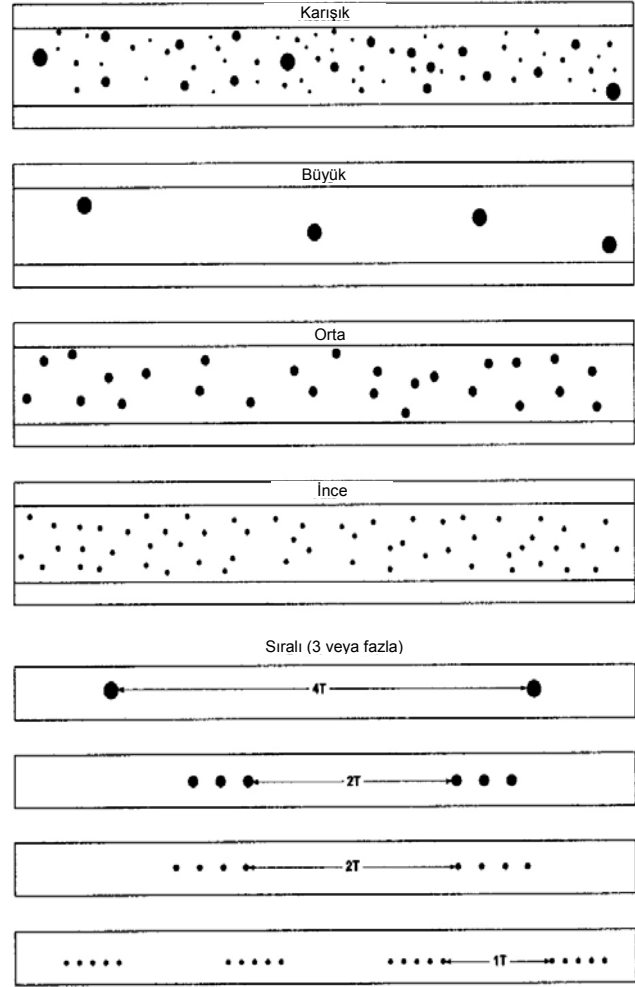
- Kapak iç bükeyliği (iç bükeylik)

- Radyografik muayene kabul kriterlerinde tanımlanan gözeneklilik.



Not : Gözenek boyutu ölçekli değildir.

Şekil B.2 Gözenekliliğin azami dağılımı (et kalınlığı $T > 12,5$ mm).



Not : Gözenek boyutu ölçekli değildir.

Şekil B.2 Gözenekliliğin azami dağılımı (et kalınlığı $\leq 12,5$ mm).

EK C

HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Sayfa

A.	Analitik ve Nümerik Yöntemler	Ek C - 1
B.	Gerilme Değerlendirmesi	Ek C - 1
C.	Uzama Değerlendirmesi	Ek C -
D.	Burkulma Hesapları	Ek C -
E.	Girdap Dağılımı Hesapları	Ek C -
F.	Su Darbesi	Ek C -
G.	Balık Avlama Donanımı Etkileri	Ek C -
H.	Hidrodinamik Yükler	Ek C -
I.	Zemin Stabilitesi	Ek C -
J.	Zeminin Sıvılaşması	Ek C -
K.	Boru Hatlarının ve Düşey Boruların Katodik Korunması ile İlgili Akım İsteklerine Ait Bilgiler	Ek C -

A. Analitik ve Nümerik Yöntemler

1. Genel

1.1 Yapısal mukavemet hesaplarında genelde lineer gerilme uzaması eğrileri esas alınır. Ancak, önemli ölçüde oldukları takdirde (örneğin; boru hattı montajı sırasındaki büyük çökmeler, sürtünmenin idealleştirimi, vb) yükler ile yük etkiler arasındaki lineer olmayan bağıntılar uygun şekilde hesaba katılacaktır.

Lineer olmayan gerilme-uzama eğrileri kullanıldığında, Bölüm 5, C.2'deki sınırlamalar uygulanacaktır.

1.2 Boru hattı sisteminin yapısal modellemesi, iç ve dış basınçların etkileri ile Poisson etkisi dahil olmak üzere, lineer analiz yöntemine göre yapılabilir. Dirsekler, T'ler, Y'ler ve flençli bağlantılar ve mesnetler gibi diğer önemli noktalar için esneklik ve gerilme arttırımı faktörleri dikkate alınacaktır.

1.3 İç kaplama ve beton kaplama nedeniyle borunun sağlamlığına yapılan yararlı etkiler dikkate alınmamalıdır.

Betondaki devamsızlıklarda (saha birleştirmeleri) oluşan sağlamlık değişimleri nedeniyle lokal gerilme dağılımı ve yoğunluğu dikkate alınmalıdır.

1.4 Dizayn ara yüzleri açık olarak belirtilecektir. Özellikle; deniz altı boru hattı ile düşey borular veya deniz altı ile kıyı hattı alanı arasındaki ara yüz açık olarak belirlenecektir (Bölüm 5, B., γ_u kısmi emniyet faktörü tanımına bakınız).

2. Düşey Borular ve Genleşmeler

2.1 Sıcaklık ve iç basınçtaki değişimler nedeniyle, ankastre olmayan boru hattı uçlarının genleşmesi, büyük hareketlere neden olur. Bu etki, platformlara ve boru hattının yön değiştirdiği alanlara yakın olan deniz altı boruları için dikkate alınacaktır.

2.2 Sanal tutma uzunluğu L_T (serbest hareket eden uç ile hareketin oluşmadığı nokta arasındaki mesafe) aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$L_T = \frac{A_{st}}{F_{fl}} \left(\Delta P \cdot \frac{A_I}{A_{st}} + \alpha \cdot \Delta T \cdot E - \nu \cdot \sigma_H \right) \quad (C.1)$$

Bu eşitliği dönüştürerek, ankastre olmayan boru ucundaki Δ_u yer değişimi, aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\Delta_u = \alpha \cdot \Delta T \cdot L_T + \frac{L_T}{E \cdot A_{st}} \cdot N_u \quad (C.2)$$

(sabitlenme noktasından, serbest boru ucuna doğru pozitif yönde)

Burada;

$$N_u = \Delta P \cdot A_I - \frac{F_{fl} \cdot L_T}{2} - v \cdot \sigma_H \cdot A_{st} \quad (C.3)$$

ΔP = Basınç farkı,

A_I = İç boru alanı ($=\pi \cdot D_i^2/4$)

A_{st} = Çelik boru kesit alanı $\left(= \frac{\pi}{4} [D_o^2 - D_i^2] \right)$

σ_H = Çevre gerilmesi, B, 2.1'e bakınız.

ΔT = Sıcaklık farkı,

α = Termal genleşme katsayısı,

E = Young modülü,

ν = Poisson oranı,

F_{fl} = Birim boy başına boyuna zemin sürtünme kuvveti.

Yukarıdaki eşitlikler; boru cidarı tarafından iletilen tutma kuvvetlerinin hesaplanması için de kullanılabilir (A_{st}). Tutma konumunda boru hattının doğrultu değişimindeki tutma kuvvetlerinin hesaplanmasında, iç basınç nedeniyle oluşan uç kapak kuvvetlerine dikkat edilecektir.

3. Dinamik Boru Döşeme Hesapları

3.1 Dinamik boru döşeme hesaplarında, dubanın hareket özellikleri esas alınacaktır. döşeme dubasının hareketleri Response Amplitude Operators (RAO's) ile modellenebilir.

3.2 Eğer RAO's kullanılırsa, döşeme dubasının 6 hareketi x_i , aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$x_i = R_i \{H, \Omega_i\} \cdot \sin(\Omega_i \cdot t + \varphi_i) \quad (C.4)$$

Aşağıdaki veriler hesaplara dahil edilecektir:

- RAO merkezi,

- Ω_i i.'inci dalga bileşeninin çevresel frekansı,

- R_i Ω_i frekansı ve H dalga yüksekliği için hareketin RAO'su.

- φ_i Ω_i için faz açısı.

3.3 Dinamik boru döşeme hesapları, montaj prosedüründe belirtilen hava koşullarına göre, tipik dalga yükseklikleri için yapılacaktır. Her dalga yüksekliği için, ilgili dalga periyodu dikkate alınacaktır.

Baş, omuzluk, borda gibi tüm rüzgar / dalga doğrultuları dikkate alınacaktır.

4. Basınç Testi

4.1 Sıcaklığın basınç testi üzerinde etkisi

Test edilecek boru hattı veya seksiyonunun uzunluğu boyunca, test sıvısının sıcaklık değişimi nedeniyle oluşan basınç değişimi; aşağıdaki formüle göre, sıcaklık farkı okumalarından elde edilen ağırlıklı katkılarının toplamı olarak hesaplanabilir:

$$\Delta P = \frac{1}{L} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\Delta T_i \cdot L_i \cdot (\beta_i - 2\alpha_i)}{[D_{oi}(1 - \nu^2)/(E \cdot t_i) + C_i]} \quad (C.5)$$

Bu hesaplama için; deniz yatağı boyunca deniz suyu sıcaklığının ölçüldüğü birkaç yer olduğundan, boru hattı veya seksiyonu aynı sayıda kısma ayrılmalıdır.

4.2 Teorik basınç-hacim diyagramı

Uzun, ankastre, su ile dolu (havasız) çelik bir boru hattı veya seksiyonu için, eklenen hacim ΔV ile basınç artışı ΔP arasındaki teorik bağıntı, aşağıdaki formüle göre hesaplanabilir:

$$\frac{\Delta V}{\Delta P} = V \left[\frac{D_o(1 - \nu^2)}{E \cdot t} + C \right] \quad (C.6)$$

Burada;

V = Test kısmının hacmi,

- ΔV = Eklenen hacim,
- ΔP = Test kısmının basınç değişimi,
- n = Sıcaklık ölçüm cihazlı eleman sayısı,
- L = Test seksiyonu boyu,
- ΔT_i = Sızdırmazlık testinin başlangıcından sonuna kadar test sıvısının i no.lu elemandaki sıcaklık değişimi (K),
- L_i = i elemanının boyu,
- D_{oi} veya D_o = Borunun dış çapı,
- t_i veya t = Boru et kalınlığı,
- E = Boru malzemesinin elastik modülü,
- ν = Poisson oranı,
- C_i veya C = Basınç ve sıcaklığa bağlı olarak, test maddesinin sıkıştırılabilirliği,
- β_i = Test maddesi için termal genleşme katsayısı,
- α_i = Boru malzemesi için termal genleşme katsayısı.

(ölçülen sıcaklık değişiminin test sıvısından ziyade deniz suyu sıcaklığı ile ilgili olması nedeniyle ΔT_i ; boru hattının gömülme durumuna, et kalınlığına, kaplamaya, deniz suyu sıcaklığına, vb.'ine bağlıdır. Termo dinamik sistemde zaman sabitinin yüksek olduğu kanıtlanabiliyorsa, test sıvısı sıcaklık değişimine referans olarak, uzun süreli deniz suyu sıcaklığı değişiminin uygulanması kabul edilebilir).

B. Gerilme Değerlendirmesi

1. Çevre Gerilmesi

1.1 İnce et kalınlıklı boru hattı yapıları için ($D_m/t \geq 10$), çevre gerilmesi aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\sigma_H = \frac{\Delta P \cdot D_m}{2 \cdot t} \quad (C.7)$$

Burada;

- σ_H = Çevre gerilmesi,
- ΔP = P_i iç basıncı ile P_E dış basınç arasındaki basınç farkı (Bölüm 4, B.1'e bakınız).
- D_m = Borunun ortalama çapı,
- t = Et kalınlığı.

1.2 Hesaplarda nominal geometrik et kalınlığı (korozyon payı ve üretim toleransları çıkarılarak) esas alınacaktır. Montaj ve test koşulları için, et kalınlığına korozyon payı ilave edilebilir.

1.3 Eğer D_m/t oranı 10'dan küçükse, kalın etli boru teorisi kullanılmalıdır. Bu teori ile ilgili temel formüller 7. maddede verilmiştir.

1.4 Yüksek dış basınçların söz konusu olduğu durumlarda (örneğin; derin sularda yer alan boş haldeki boru hatları), yukarıda çevre gerilmesi için verilen formül hassas sonuç vermez. Bu gibi durumlarda, gerçek çevre gerilmesi için hesaplamalar (kalın etli boru teorisi) gerekebilir.

2. Boyuna Gerilmeler

2.1 Toplam boyuna gerilme σ_L 'nin hesaplanması için, eksenel gerilmelere ve/veya eğilme gerilmelerine neden olan, ilgili tüm yük etkileri (örneğin; basınç, sıcaklık, yer değişimi, vb.) dikkate alınacaktır.

2.2 Hesaplarda, gerçek ankastrelik koşulları esas alınacaktır.

(Boyuna hareket oluşmazsa, yani sürtünme kuvveti genleşme kuvvetinden büyükse, boru hattı seksiyonu tam olarak ankastredir. Boyuna harekete, eksenel kuvvetlerle yeterince engel olunamıyorsa, yani genleşme kuvveti sürtünme kuvvetinden büyükse, boru hattı seksiyonu tamamen serbest mesnetlidir).

Tamamen ankastre veya serbest mesnetli olmayan boru hattı seksiyonu, boyuna gerilmelerin hesaplanması amacıyla, her iki durum için de analiz edilecektir.

3. Radyal Gerilmeler

3.1 Önemli büyüklükte olduğu takdirde radyal gerilmeler dikkate alınacaktır (normalde radyal gerilmeler ihmal edilebilir).

3.2 Sadece basıncın dikkate alındığı teorik radyal gerilme değeri 7'de verilmiştir.

4. Kesme Gerilmesi

4.1 Toplam kesme gerilmesi, kiriş teorisine göre hesaplanabilir (boru şeklindeki kesitler için).

5. Eşdeğer Gerilme

Standart boru hattı malzemelerinin yüksek dayanımı nedeniyle, eşdeğer gerilme düzeyi, von Mises gerilme eşitliği esas alınarak değerlendirilmelidir.

Radyal gerilme bileşeninin ihmal edildiği hallerde, aşağıdaki eşitlik kullanılabilir:

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_H^2 + \sigma_L^2 - \sigma_H \cdot \sigma_L + 3\tau^2} \quad (\text{C.8})$$

Burada;

σ_E = Eşdeğer gerilme,

σ_H = Çevre gerilmesi,

σ_L = Boyuna gerilme,

τ = Kesme gerilmesi.

5.2 Her enine kesitin herhangi bir noktasındaki maksimum eşdeğer gerilme, dizaynda esas olacaktır.

5.3 Sadece basınç altındaki, Tresca eşdeğer gerilme formülü dikkate alınarak (7'ye bakınız), bir boru hattının von Mises eşdeğer gerilmesi aşağıda belirtilenden daha az olmayacaktır:

$$\sigma_E = \frac{\Delta P \cdot D_o}{2 \cdot t}$$

Burada;

ΔP = İç basınç P_I ile dış basınç P_E arasındaki basınç farkı (Bölüm 4, B.1'e bakınız).

D_o = Borunun dış çapı.

t = Borunun minimum et kalınlığı.

6. Gerilme Arttırım Faktörleri

6.1 Dirsekler, T'ler ve diğer fittingler gibi borunun ve bileşenlerin bükülmezliğindeki devamsızlıklar nedeniyle, ilgili standartlara göre, gerilme arttırımı dikkate alınacaktır.

6.2 Lokal gerilme yığılmalı kritik noktalarında, daha kapsamlı analiz gerekebilir (örneğin; sıcak nokta gerilmelerin hesabı).

7. Kalın Etli Boru Teorisi

7.1 Madde 1'e göre, $D_m/t < 10$ olan ve yüksek dış basınca maruz kalan, kalın etli borular için iç ve dış basınç nedeniyle oluşan gerilmelerin hesabında, kalın etli boru teorisi kullanılacaktır.

7.2 Kalın etli boru teorisi ile ilgili temel kabuller şunlardır:

- İdeal silindirik elastik gövde,
- İzotropik malzeme,
- Sabit iç ve dış basınç,
- Sonsuz uzun silindir (sınır etkisi olmaksızın).

Gereken hallerde, aşağıdaki etkiler de dikkate alınabilir:

- Et kalınlığı boyunca sıcaklık dağılımı,
- Farklı malzeme özelliklerine tabakalı yapı.

7.3 Üç boyutlu gerilme dağılımına ait aşağıdaki eşitlikler kullanılabilir:

Çevre gerilmesi:

$$\sigma_H = + \frac{1}{D_o^2 - D_i^2} \left[D_i^2 \cdot P_i \left(\frac{D_o^2}{D^2} + 1 \right) - D_o^2 \cdot P_E \left(1 + \frac{D_i^2}{D^2} \right) \right] \quad (C.10)$$

Rayda gerilme:

$$\sigma_R = + \frac{1}{D_o^2 - D_i^2} \left[D_i^2 \cdot P_i \left(\frac{D_o^2}{D^2} - 1 \right) - D_o^2 \cdot P_E \left(1 + \frac{D_i^2}{D^2} \right) \right] \quad (C.11)$$

Boyuna gerilme (sonsuz ideal silindirik gövde):

$$\sigma_L = + \frac{2 \cdot \nu}{D_o^2 - D_i^2} (D_i^2 \cdot P_i - D_o^2 \cdot P_E) \quad (C.12)$$

Burada;

D_o, D_i = Dış ve iç çap,

P_E, P_i = Dış ve iç basınç,

D = Lokal çap ($D_i \leq D \leq D_o$)

7.4 Yukarıdaki eşitlikler esas alınarak, Tresca eşdeğer gerilmesinin aşağıdaki yaklaşımı sağladığının doğrulanması mümkündür:

$$\sigma_{Tresca} = |\sigma_{maks} - \sigma_{min}| \cong \frac{(P_i - P_E) \cdot D_o}{2 \cdot t} \quad (C.13)$$

Bu eşitlik $\sigma_R \leq \sigma_L \leq \sigma_H$ ve $P_i > P_E$ için geçerlidir ve gerçek Tresca eşdeğer gerilmesinin bir miktar altında sonuç verir.

C. Uzama Değerlendirmesi

1. Genel

1.1 Bir boru hattının dinamik davranışının daha gerçekçi bir modellemesini elde etmek için, boru hattı dizayn hesaplarında non-lineer gerilme-uzama bağıntısı dikkate alınacaktır.

1.2 Uzama esaslı hesaplamalarda, aşağıdaki koşullar esas alınacaktır:

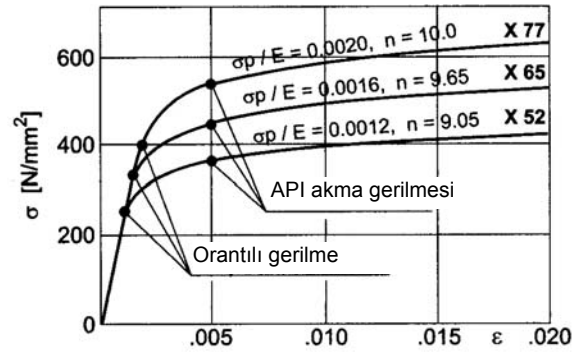
- Boru malzemesi ve kaynakların sünekliği, Bölüm 6'nın isteklerini sağlayacaktır.
- Üretim ve daha sonra yapılan bükme nedeniyle oluşan boru ovalığı, D.1'de belirtilen sınırlar içinde olacaktır.

2. Lineer-olmayan Gerilme-uzama Bağıntısı

2.1 Risk taşııyorsa, önerilen gerçek gerilme-uzama eğrileri kullanılabilir.

Eğer gerçek gerilme-uzama eğrileri mevcut değilse, Şekil C.1'de gösterilen gerilme uzama eğrileri kullanılabilir.

2.2 Diğer malzemeler için gerilme-uzama eğrileri uygun şekilde elde edilebilir. Bu eğrileri elde etmek için aşağıdaki gerilme-uzama eşitliği kullanılabilir:



Şekil C.1 Tipik boru hattı malzemeleri için gerilme-uzama eğrileri

$$\sigma(\varepsilon) = E \cdot \varepsilon \quad \varepsilon \leq \varepsilon_p \text{ için}$$

$$\sigma(\varepsilon) = \sigma_p \cdot \sqrt[n]{\frac{n \cdot \varepsilon \cdot E}{\sigma_p} + 1 - n} \quad \varepsilon > \varepsilon_p \text{ için} \quad (C.14)$$

Burada;

E = Tipik çelik boru malzemesi için elastisite modülü,

ε_p = Orantılı uzama (Şekil C.1)

σ_p = Orantılı gerilme (Şekil C.1)

n = Uzama sertleştirme parametresi.

σ_p ve n parametreleri, $\varepsilon=0,005$ 'de (%0,5) öngörülen minimum akma gerilmesine ulaşılacak şekilde seçilebilir.

2.3 Eğer hesaplarda kullanımları riskli değilse, bi-lineer gerilme-uzama eğrileri gibi, diğer gerilme-uzama eğrileri yaklaşımı kabul edilebilir.

2.4 Elasto-plastik hesaplarda; diğer sertleştirme kurallarının uygulanırlığı gösterilmedikçe, kinematik veya sertleştirmezlik kullanılacaktır.

2.5 Orantılı gerilme üzerinde tüm gerilme ve uzama bileşenlerinin etkisinin dikkate alınması koşuluyla, lineer-olmayan elastik analizde, lineer-olmayan gerilme-uzama eğrileri kullanılabilir.

2.6 Gerilme ve uzama ile ilgili dizayn değerlendirme istekleri (kontrollü deformasyon gibi), Bölüm 5, C'de verilmiştir.

D. Burkulma Hesapları

1. Lokal Burkulma

1.1 Ovalleşme

Eğilme nedeniyle oluşan ovalleşme aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\Delta_b = \frac{1}{24} \cdot \frac{D_o^4}{t^2} \cdot K^2 \quad (C.15)$$

Burada;

Δ_b = Boru eğilmesi nedeniyle oluşan ovalleşme,

D_o = Borunun nominal dış çapı,

t = Borunun nominal et kalınlığı,

K = Borunun eğriliği (elasto-plastik etkiler dahil).

(C.15) eşitliği aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\Delta_b = \frac{1}{6} \left(\frac{D_o}{t} \cdot \varepsilon_b \right)^2 \quad (C.16)$$

(eğrilik yerine $\varepsilon_b = \frac{D}{2} \cdot K$ yazılarak - ε_b boru eğilme uzaması-)

1.2 Sadece eğilme

Sadece eğilme için, $M_d \leq M_c / (\gamma_m \cdot \gamma_u)$ bağıntısındaki M_c kritik eğilme momenti, aşağıdaki şekilde alınabilir:

$$M_c = (D_o - t)^2 \cdot t \cdot R_{t0,5} \left(1 - 0,0024 \frac{D_o}{t} \right) \quad (C.17)$$

Burada;

M_d = Montaj ve işletim sırasındaki dizayn eğilme momenti,

M_c = Kritik eğilme momenti,

$R_{t0,5}$ = Minimum akma mukavemeti,

γ_m = Bölüm 5, D'ye göre burkulma için kısmi emniyet faktörü,

γ_u = Bölüm 5, B'ye göre kısmi emniyet faktörü uzama değerlendirmesi yapılırken;

$K_d \leq K_c / (\gamma_m \cdot \gamma_u)$ bağıntısındaki kritik eğrilik K_c aşağıdaki gibi alınabilir:

$$K_c = 30 \frac{t^2}{D_o^3} \quad (C.18)$$

Burada;

K_d = Montaj ve işletme sırasında borunun dizayn eğriliği,

K_c = Borunun kritik eğriliği,

Bununla ilgili kritik uzama:

$$\varepsilon_c = 15 \left(\frac{t}{D_o} \right)^2 \quad (C.19)$$

1.3 Sadece basınç

Sadece hidrostatik basınç veya sadece aşırı dış basınç için. $P_d \leq P_c / (\gamma_m \cdot \gamma_u)$ bağıntısındaki kritik basınç P_c , aşağıdaki gibi alınabilir:

$$\left(\frac{P_c}{P_e} - 1 \right) \left[\left(\frac{P_c}{P_y} \right)^2 - 1 \right] = 2 \frac{P_c}{P_y} \cdot \Delta_o \cdot \frac{D_o}{t} \quad (\text{C.20})$$

Burada;

$$P_e = \frac{2E}{1-\nu^2} \left(\frac{t}{D_o - t} \right)^3$$

D_o = Borunun nominal dış çapı,

P_d = Dizayn dış burkulma basıncı,

P_c = Kritik burkulma basıncı,

P_y = Çevre doğrultusunda, tam plastisite için gerekli basınç.

$$= 2 \cdot R_{t0,5} \cdot \frac{t}{D_o - t}$$

P_e = Elastik burkulma basıncı,

ν = Boru malzemesi için Poisson oranı.

Δ_o = Başlangıç ovaliği, 0,025'den daha az alınmaz.

1.4 Kombine eğilme ve hidrostatik basınç

Kombine eğilme ve basınç yükü için, aşağıdaki eşitlik kullanılabilir:

$$\left(\frac{\gamma_m \cdot \gamma_u \cdot M_d}{M_c} \right)^4 + \frac{\gamma_m \cdot \gamma_u \cdot P_d}{P_c} \leq 1,0 \quad (\text{C.21})$$

Burkulma olmaksızın belirlenen eğriliği korumak için aşağıdaki eşitlik kullanılabilir:

$$\left(\frac{\gamma_m \cdot \gamma_u \cdot K_d}{K_c} \right)^\alpha + \frac{\gamma_m \cdot \gamma_u \cdot P_d}{P_c} \leq 1,0 \quad (\text{C.22})$$

Burada;

$$\alpha = 0,5 + 0,005 \frac{D_o}{t}$$

İlgili uzama bağıntısı:

$$\left(\frac{\gamma_m \cdot \gamma_u \cdot \varepsilon_d}{\varepsilon_c} \right)^\alpha + \frac{\gamma_m \cdot \gamma_u \cdot P_d}{P_c} \leq 1,0 \quad (\text{C.23})$$

(montaj sırasındaki çekme kuvvetleri, uygulamada ihmal edilebildikleri için dahil edilmemiştir.

(işletmedeki), termal genişleme nedeniyle oluşan basma kuvvetleri, çubuk burkulmasına yol açabilir (D.3'e bakınız).

Karakteristik eğrilik, varsa sabit boru eğilme yarıçapından (varsa, örneğin; duba rampası / stingeri) $K = \frac{1}{R}$ veya elasto-plastik analizden alınabilir.

2. Burkulmanın ilerlemesi

Lokal burkulmadan sonra, burkulmanın ilerlemesi söz konusu olabilir.

$$P_d \leq P_{iler} / (\gamma_m \cdot \gamma_u) \quad (\text{C.24})$$

bağıntısındaki kritik ilerleme basıncı P_{iler} , aşağıdaki gibi alınabilir:

$$P_{iler} = 10,7 R_{t0,5} \left(\frac{t}{D_o - t} \right)^{2,25} \quad (\text{C.25})$$

Burada;

P_d = Dizayn basıncı (hidrostatik basınç veya aşırı dış basınç),

P_{iler} = Kritik ilerleme basıncı,

γ_m = Bölüm 5, D'ye göre burkulma için kısmi emniyet faktörü,

γ_u = Bölüm 5, B'ye göre kısmi emniyet faktörü.

(ilerleme basıncı eşitliği; beton kaplamanın radyal sınırlamasının dikkate alınmadığı ampirik bir ifadedir. Lokal burkulmanın boruya yayılması için gerekli ilerleme başlangıcı basıncı P_{pi} , ilerleme basıncı P_{iler} ,’den bir miktar yüksektir.

P_{pi} aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$P_{pi} = 0,02E \left(\frac{t}{D_o} \right)^{2,064} \quad (C.26)$$

3. Çubuk Burkulması

Basınç ve sıcaklık etkileriyle oluşan basma gerilmeleri, deniz yatağında yer alan boru hatlarında yanal çubuk burkulmasına veya kanalda yer alan ya da gömülü boru hatlarında düşey burkulmaya neden olabilir.

3.1 Yanal çubuk burkulması

Aksiyal olarak ankastre hatlarda, sıcaklık ve basınç kaynaklı aksiyal basma kuvvetleri için yapılan yanal çubuk burkulması hesaplarında;

$F_d \leq F_c / (\gamma_m \cdot \gamma_u)$ bağıntısındaki kritik eksenel kuvvet F_c , aşağıdaki gibi alınabilir:

$$F_c = \min \left\{ C_1 \cdot \frac{EI}{L^2} + C_3 \cdot \mu \cdot W_s \cdot L \cdot \left[\left(1 + C_2 \frac{E \cdot A_{st} \cdot \mu_L^2 \cdot W_s \cdot L^5}{\mu(EI)^2} \right)^{0,5} - 1 \right] \right\} \quad (C.27)$$

Burada;

F_d = Test ve işletme sırasındaki dizayn basıncı.

Tam ankastre hatlar için, sürtünme kuvvetleri nedeniyle oluşan eksenel basma kuvveti F_d , aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$F_d = A_{st} \left(E \cdot \alpha \cdot \Delta T - \nu \cdot AP \cdot \frac{D_o}{2t} \right)$$

F_c = Kritik eksenel kuvvet,

γ_m = Bölüm 5, D’ye göre burkulma için kısmi emniyet faktörü,

γ_u = Bölüm 5, B’ye göre kısmi emniyet faktörü,

C_i = Sabit sayılar ($C_1 = 28$, $C_2 = 2,1 \cdot 10^{-4}$, $C_3 = 1,6$)

E = Young modülü,

I = Atalet momenti,

L = Burkulma boyu, minimum kritik eksenel kuvveti alacak şekilde değişir,

μ = Zemin sürtünmesinin eksenel katsayısı,

μ_L = Yanal sürtünme katsayısı,

W_s = γ_f kısmi emniyet faktörü dahil, birim boy başına boru hattının suya batmış ağırlığı,

A_{st} = Boru kesit alanı,

ΔT = γ_f kısmi emniyet faktörü dahil, sıcaklık artışı,

α = Lineer termal genleşme katsayısı,

ν = Poisson oranı,

ΔP = γ_f kısmi emniyet faktörü dahil, basınç farkı.

Boru hattının yön değiştirdiği yerlerde veya boru hattının çapının azaldığı hallerde, F_d ’nin hesabında, uç kapak kuvveti etkisi dahil edilecektir.

3.2 Gömülü boru hatlarının çubuk burkulması

W_d dizayn yükü ve $W_d \leq W_c / (\gamma_m \cdot \gamma_u)$ bağıntısındaki kritik kaldırma direnci W_c , aşağıdaki gibi alınabilir:

$$W_d = (1,16F_d - 4,76\sqrt{EI W_s / \Delta_1}) \cdot \sqrt{\Delta_1 \cdot W_s / (EI)} \quad (C.28)$$

Yapışmaz kum ve kaya için:

$$W_c = H \cdot D_t \cdot K \left(1 + f \frac{H}{D_t} \right) \quad (C.29)$$

Yapışıcı kil ve balçık için:

$$W_c = C \cdot D_t \cdot \min \left\{ 3, \frac{H}{D_t} \right\} \quad (C.30)$$

Burada;

W_d = Birim boru boyu başına dizayn yükü,

W_c = Birim boru boyu başına kritik kaldırma direnci,

W_s = γ_f kısmi emniyet faktörü dahil, birim boru boyu başına borunun suya batmış ağırlığı,

Δ_1 = Kanal açılmasını takiben güzergah sörveyinden belirlenecek olan, kanal tabanının düzensizliği nedeniyle oluşan düşey kaçıklık yüksekliği.

Δ_1 ile ilgili L_o uzunluğu (Şekil C.2'ye bakınız) aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$L_o = 5,8 \left(\frac{E \cdot I}{W_s} \cdot \Delta_1 \right)^{1/4}$$

Dizayn amacıyla, Δ_1 en az 0,3'e eşit olarak alınabilir.

H = Boru hattının üstünden örtü derinliği,

D_t = Borunun genel dış çapı (kaplama dahil),

F_d = Eksenel basma kuvveti,

κ = Zemin örtüsünün suya batmış ağırlığı,

C = Kesme mukavemeti,

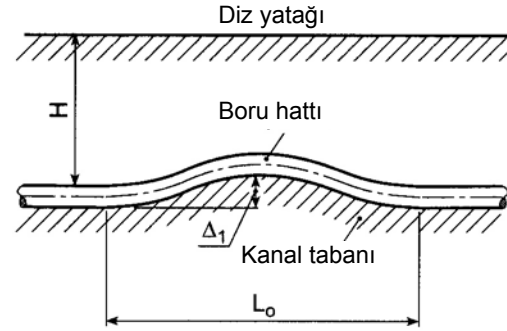
f = Kaldırma kuvveti,

= 0,5 Yoğun malzeme için

= 0,1 Gevşek malzeme için.

Kritik dizayn koşulları için; zeminin lineer olmaması, boru malzemesinin lineer-olmayan gerilme-uzama

bağıntısı ve büyük deflekşınların etkileri dahil, komple bir nümerik analizin yapılması tavsiye edilir.



Şekil C.2 Kusurların tanımı

E. Girdap Dağılımı Hesapları

1. Genel

1.1 Aşağıdaki dizayn durumları için sadeleştirilmiş bir analiz yeterli değildir. Bu durumlarda, 5'de belirtilen analize gerek vardır:

- Dairesel dışındaki yapısal şekiller,
- Tel veya zincir eğrisi özellikleri gösteren, çok küçük çaplı yapılar,
- Çok yüksek sıcaklıklarda çalışan boru hatları,
- Bitişik aralıkların birbirine etki ettiği çoklu desteksiz aralıklar,
- Düşey boru zeminindeki desteksiz aralık.

1.2 Aşağıda belirtilen sadeleştirilmiş yöntemlerde, $S \leq 0,2$ olan Stouhal sayısı esas alınmıştır. Reynold sayısı $Re > 5 \cdot 10^5$ için, Stouhal sayısı $S > 0,2$ olacaktır. Bu durumlarda, u_f akış hızı arttırılacaktır.

1.3 Girdap dağılımı ile ilgili temel parametreler şunlardır:

- Azaltılmış akım hızı,

$$u_r = \frac{u_f}{f_n \cdot D_t} \quad (\text{C.31})$$

ζ = Sönümlenme oranı (önerilen değerler; su içinde %0,3, havada %0,15)

- Stabilité parametresi,

$$k_s = \frac{2m_e \cdot \delta}{\rho \cdot D_t^2} \quad (\text{C.32})$$

$$m_e = \frac{\int_0^1 M(z) \psi^2(z) dz}{\int_0^L \psi^2(z) dz}$$

- Keulegan-Carpenter sayısı

$$KC = \frac{u_w \cdot T}{D_t} \quad (\text{C.33})$$

Uyarılmış durumda, dıştan eklenen kütleler dahil, elemanın birim boyu başına etkin kütle.

$M(z)$ = z'de, birim boy başına gerçek kütle,

$\psi(z)$ = z'de, durum formu ordinatı,

- Aralık Oranı

$$\gamma = \frac{h}{D_t} \quad (\text{C.34})$$

z = Uzunluk koordinatı,

- Süperpoze edilen kararlı akım ile dalga parçacıkları hızının oranı

$$\alpha = \frac{u_c}{\sqrt{2}} + u_c \quad (\text{C.35})$$

l = Mesnetler arası uzunluk veya konsol uzunluğu,

L = Tam olarak su içinde olmayan elemanlar için su derinliği veya mesnetler arası uzunluk ya da konsol uzunluğu,

Burada;

f_n = Operasyonel koşullarda boru hattının veya düşey boruların doğal frekansı,

D_t = Deniz canlıları olmaksızın dış çap,

U_f = Girdap dağılımı ile ilgili akım hızı,

u_c = Boruya dik yönde, akıntı veya rüzgar hızı,

u_w = Boruya dik yönde, maksimum dalga zerrecik hızı,

$$u_t = \frac{U_w}{\sqrt{2}} + U_c$$

U_k = Boruya dik yönde, toplam etkin zerrecik hızı,

T = Peryodik akımın periyodu,

ρ = Deniz suyunun yoğunluğu,

δ = $2\pi\zeta$, yapı sönümlenmesinin logaritmik azalımı,

1.4 Sadeleştirilmiş yöntemler kullanılarak yapılan girdap dağılımı analizlerinde, 1 yıllık tekrarlanma periyotlu H_s etkin dalga yüksekliği ve maksimum akıntı hızı esas alınacaktır.

Boru ile deniz yatağı arasındaki yüksekliğin bilinmediği hallerde, γ oranı risk oluşmayacak şekilde belirlenecektir (tipik tesisler için γ , 1'i geçmemelidir).

1.5 Aşağıda belirtilen sadeleştirilmiş yöntemler, aşağıdaki şekilde sınıflandırılır.

- Madde 2'de girdap kaynaklı titreşimleri önlemek için yukarıdaki parametrelerle kullanım amaçlı genel kriterler belirtilmiştir. Bu kriterlerden biri sağlanırsa, girdap dağılmasından kaynaklanan hasarlar önlenir.

- Madde 3, düşey borular gibi, düşey konumdaki boru hattı seksiyonlarına uygulanır. Bu kriterlerden biri sağlansa dahi, girdaplar nedeniyle asilasyon mümkündür. Ancak, tepki genlikleri kabul edilebilir sınırlar içinde olacaktır.

- Madde 4'de, sınır tabakası etkileri ile birlikte, boru hattındaki desteklenmeyen aralıklar dikkate alınır.

2. Girdap Kaynaklı Titreşimlerin Önlenmesi

2.1 Bir boru hattının, suya batmış yatay seksiyonlarında girdap kaynaklı titreşimlerin önlenmesi için, aşağıdaki kriterlerin biri sağlanacaktır:

$$k_s \leq 0,37 \text{ ise } u_r < 1,1 \text{ veya}$$

$$k_s \leq 1,5 \text{ ise } u_r \leq 1,1 + \chi \text{ veya}$$

$$k_s \leq 1,5 \text{ ise } u_r < 2,2$$

Burada;

$$\chi = (k_s - 0,37)e^{(60-59,5 k_s^{0,022})} \quad (\text{C.36})$$

Azaltılmış hız, $u_f = u_t$ ile hesaplanacaktır.

2.2 $k_s \geq 20$ ise, girdap kaynaklı titreşimlerden kaçınılacaktır.

Yukarıdaki kriterlerden biri sağlanırsa, daha ayrıntılı incelemeye gerek yoktur.

3. Düşey Silindirlerin Titreşimlerinin Basit Kontrolü

3.1 Bazı durumlarda, girdap dağılması, önemli hasar genliklerine neden olmayan titreşimlere yol açarlar. Bu durum, tepkinin genliği, akış koşullarından (u_r , KC , α) ve k_s stabilite parametresi ile karakterize edilen eleman özelliklerinden hesaplanır.

3.2 Eğer akım, akıntılarla oluşuyorsa ve/veya dalga hızı bağıl olarak küçükse ($\alpha \geq 10$), akım koşulları kararlı bir akım olarak kabul edilebilir ve azaltılmış hız $u_f = u_c$ alınarak hesaplanabilir.

3.3 Eğer akım, dalgalarla oluşuyorsa ($\alpha < 10$), akım koşulları salınımlı olarak kabul edilecektir.

1) Keulegan-Carpenter sayısı KC ; $4 < KC < 15$ aralığında ise ve α oranı 0,5'i geçmiyorsa, 5,5'e

göre gelişmiş yöntemler dikkate alınacaktır.

2) Diğer durumlarda, azaltılmış hız $u_f = u_t$ alınarak hesaplanmak üzere, akım koşulları, 3.2'de belirtilen kriterlere göre kontrol edilebilir.

4. Yatay Silindirlerin Titreşimlerinin Basit Kontrolü

4.1 Serbest aralıklı boru hatları gibi, deniz yatağı yakınındaki yatay silindirler için; aralık oranı γ ile değerlendirilebilen, deniz yatağına yakınlığının, aralığının tepkisi üzerine etkisinin dikkate alınması gereklidir. Kritik dinamik tepki nedeniyle, hasar verici titreşimleri önlemek için aşağıda belirtilen kriterler karşılanacaktır.

4.2 Eğer akıntı hızının değeri ve doğrultusu sabitse ve $\alpha > 4$ ise, akım koşulları kararlı akım olarak kabul edilebilir ve azaltılmış hızı $u_f = u_c$ alınarak hesaplanabilir.

Aşağıdaki kriterlerden biri karşılanıyorsa, hasar önlenir:

$$\gamma < 1 \quad \text{ve } u_r < 2,4 \quad \text{ve } k_s < 1,2 \text{ veya}$$

$$1 \leq \gamma \leq 2 \quad \text{ve } u_r < 2,4 + 0,6 (\gamma - 1) \quad \text{ve } k_s > 1,2 \text{ veya}$$

$$\gamma > 2 \quad \text{ve } u_r < 3,0 \quad \text{ve } k_s > 1,2$$

4.3 $\alpha < 4$ olan hallerde, akım koşulları Keulegan-Carpenter sayısına (KC) göre kontrol edilecektir.

1) Keulegan-Carpenter sayısı KC ; $4 < KC < 15$ aralığında ise ve α oranı 0,5'i geçmiyorsa, dalga frekansı içindeki hidrodinamik kuvvetler nedeniyle sistemin davranışı etkilenebileceğinden, 5,5'e göre gelişmiş yöntemler dikkate alınmalıdır.

2) Eğer aşağıdaki kriterlerden biri karşılanıyorsa, girdap dağılmasından kaynaklanan titreşim hasarları önlenir:

$$KC < 4 \text{ ve } u_r < 3,5 \text{ ve } k_s > 1,2 \text{ veya}$$

$$KC < 15 \text{ ve } u_r < 3,5 \text{ ve } k_s > 1,2$$

Azaltılmış hızı $u_f = u_t$ ile hesaplanacaktır.

Yukarıdaki kriterlerden biri sağlanırsa, daha ayrıntılı incelemeye gerek yoktur. Kararlı akımın diğer durumları, gelişmiş yöntemlerle hesaplanacaktır (5'e bakınız).

5. Girdap Kaynaklı Titreşimlerin Gelişmiş Kontrolü

5.1 Bazı durumlarda, basit yöntemlerle tepki davranışının öngörülmesi mümkün değildir. Bu durumlarda, aşağıda belirtilenler dahil, gerilme ve yorulma hesaplarının yapılması gereklidir:

- Bölüm 5, C.2'ye göre gerilme/uzama analizi,
- Bölüm 5, E'ye göre yorulma analizi,
- Bölüm 3'de verilen dalga parametreleri,
- Deniz yatağına yakınlığın etkileri (sınır tabakası etkileri),
- İncelenen boru hattı seksiyonunun sınırlarındaki boru/zemin etkileşimi.

F. Su Darbesi

1. Sıvı servislerindeki boru hatları; emercensi veya otomatik kapatma valflerinin ani kapanması ve dirseklere gelen büyük darbeler (türbalanslı akımda) nedeniyle oluşanlar gibi büyük basınç dalgalanmalarına maruz kalabilirler. Bu darbelerin etkisi su darbesi olarak bilinir. Eğer öngörülen ani iç basınç $P_{I,maks}$, P_I iç dizayn basıncını, Bölüm 4, B.1.2'de belirtilen miktar kadar geçerse, su darbesinin etkilerini azaltıcı dizayn önlemleri alınacaktır.

2. Su darbesinin etkileri, aşağıdaki parametreler dikkate alınarak, onaylı bir dinamik analiz vasıtasıyla önceden belirlenecektir:

- Akım karakteristikleri,
- Pompa karakteristikleri,
- Kapanma süreleri dahil, kapatma valflerinin özellikleri,

- Basınç kontrol sistemleri,
- Basınç boşaltma koşulları,
- Mesnetler ve bağlantı tepkileri dahil, boru hattının özellikleri ve şekli.

3. Basit konfigürasyonlar için, Joukowsky eşitliği kullanılabilir:

$$\Delta P_J = \rho_I \cdot c \cdot \Delta V \quad (C.37)$$

Lineer valf özellikleri için, çeşitli yansımaya süresi periyodu T_R için, minimum kapanma süresi T_S 'yi arttırmak mümkündür. Bu, büyük ölçüde basınç dalgalanması azalmasına neden olur:

$$\Delta P = \Delta P_J \cdot \frac{T_R}{T_S} \leq \Delta P_J \quad (C.38)$$

Burada;

$$T_R = 2 \cdot \frac{L}{c}$$

Maksimum iç basınç yaklaşık olarak;

$$P_{Lmaks} = P_I + \Delta P \quad (C.39)$$

Burada;

$$\Delta P = \text{Basınç dalgalanması,}$$

$$P_I = \text{İç akışkan yoğunluğu,}$$

$$c = \text{Dalgalanma hızı,}$$

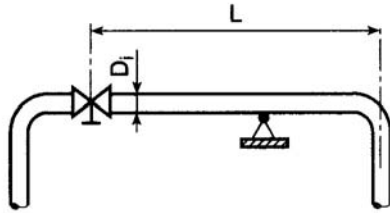
serbest boru hattı seksiyonları için:

$$c = \frac{1}{\sqrt{P_I (1/K + D_i / (E \cdot t))}}$$

ankastre boru hattı seksiyonları için:

$$c = \frac{1}{\sqrt{P_I (1/K + (1 - \nu^2) D_i / (E \cdot t))}}$$

- K = Akışkanın hacim modülü,
- D_i = İç çap,
- t = Et kalınlığı,
- E = Borunun young modülü,
- T_S = Valfin kapanma süresi,
- T_R = Yansıma süresi,
- L = Yansıma boyu (Şekil C.3'e bakınız).
- ΔV = Akışkan hızı değişimi V_1-V_2



Şekil C.3 Basit boru şeması

G. Balık Avlama Donanımı Etkileri

Varsa, balık avlama donanımı etkileri dikkate alınacaktır. hesaplamalarda, maksimum darbe ve çekme yükleri öngörülerini esas alınacaktır. BS 8010'da , aşağıda belirtilen balık avlama donanımı özellikleri verilmiştir.

Tablo C.1 Balık avlama donanımı özellikleri

Donanım tipi	Kütle [kg]	Trol hızı [kn]
Düz dikdörtgen kapı	2000	5
V-kapı	2000	5
Oval kapı	2500	5
Polivalent	2000	5
Yan trol	10000	7

H. Hidrodinamik Yükler

1. Dizayna uyulacak dalga teorisi Şekil C.4'den seçilecektir.

Aşağıdaki bilgiler, Bölüm 4, C.4'de belirtilen hidrodinamik yüklerin değerlendirilmesinde bilgi olarak kullanılacaktır.

2. Derin su dalga kırılma sınırı, derin su dalga boyu cinsinde tanımlanır.

$$L = \frac{g}{2\pi} \cdot T^2$$

3. Deniz dibinden etkilenmeyen C_d ve C_m değerleri, boru yüzeyinin pürüzlülüğü ile ilgili olarak Şekil C.6'da verilmiştir.

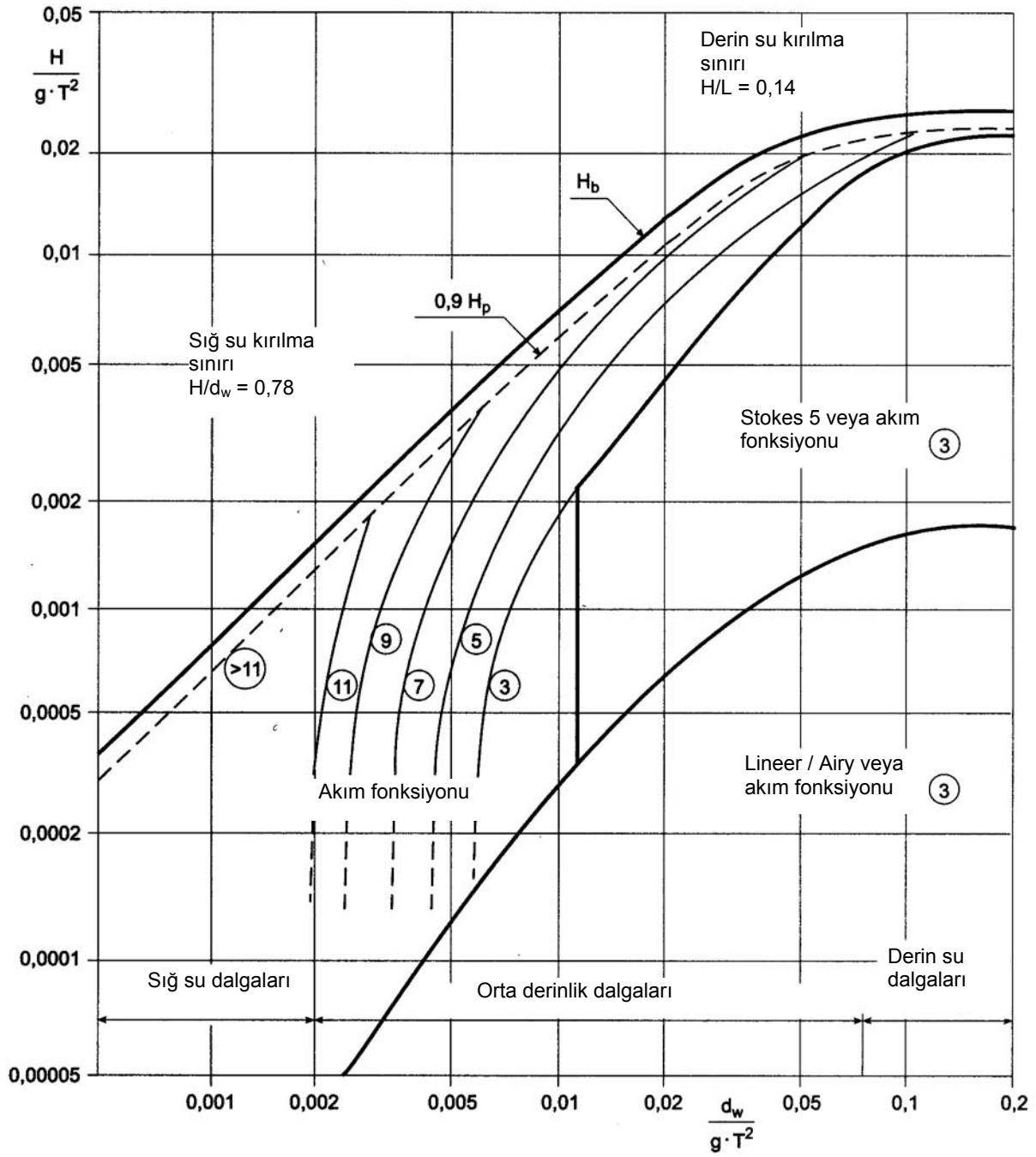
4. Deniz tabanına döşenmiş boru hatları için, formüllerde kullanılacak C_{db} ve C_{mb} değerleri, Şekil C.7 ve C.8'de verilmiştir. Formüller, tercih edildiğinde, analitik değerlendirmeler için verilmiştir. $KC=5$ ve $KC=16$ 'nın altındaki C_{db} ve C_{mb} değerleri için lineer interpolasyon yapılabilir.

5. Deniz tabanında duran boru hatları için, formüllerde kullanılacak C_1 değerleri, Şekil C.9'da verilmiştir. Formüller, tercih edildiğinde, analitik değerlendirmeler için verilmiştir. $KC \leq 5,335$ için $C_1 = 5,05$ 'dir.

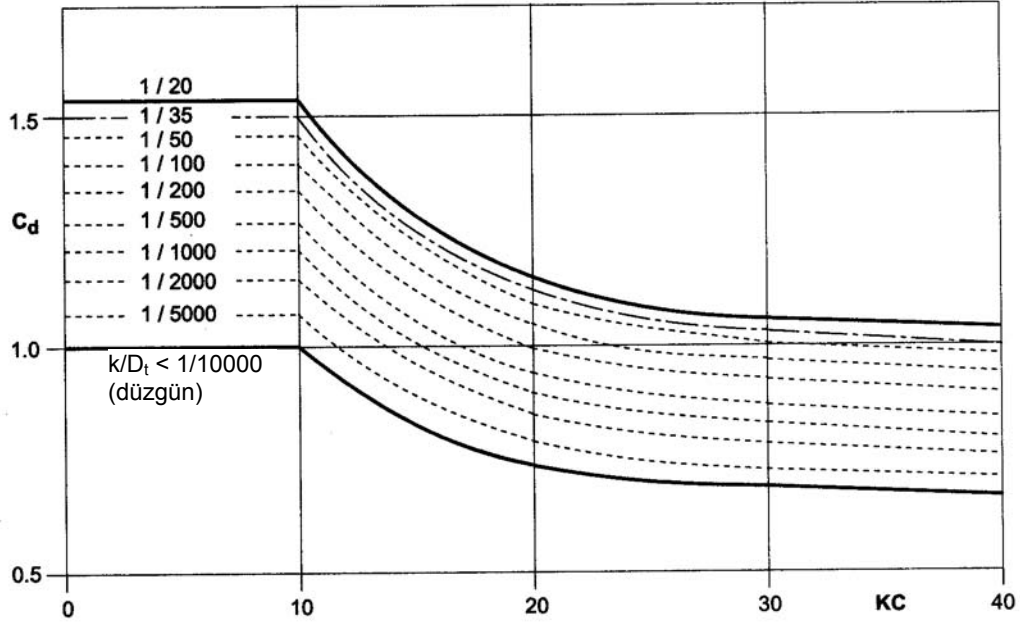
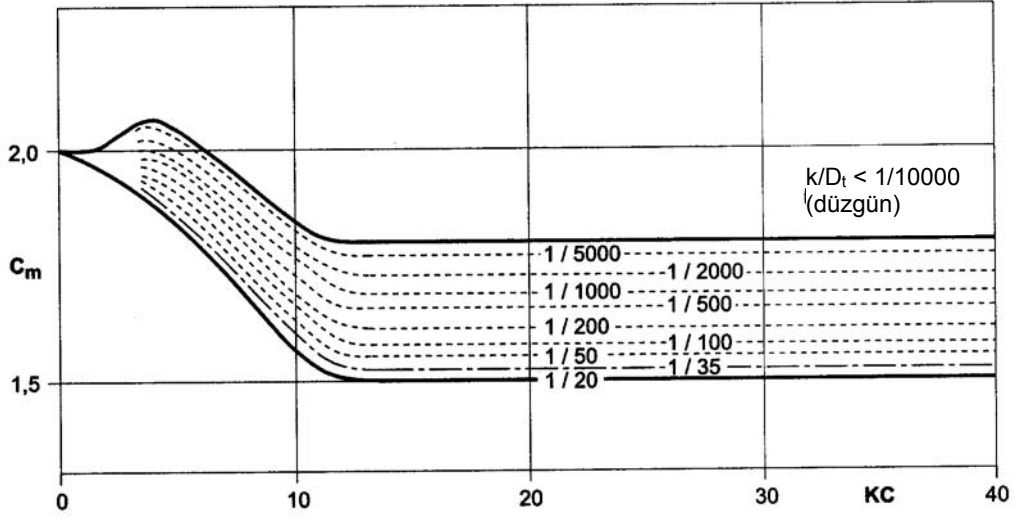
6. Kombine akıntı ve dalga zerrecik hızlarının C_{db} , C_{mb} ve C_1 değerlerine etkisi, $KC=15, 30, 50, 70$ için Şekil C.10 ÷ C.12'den hesaplanabilir.

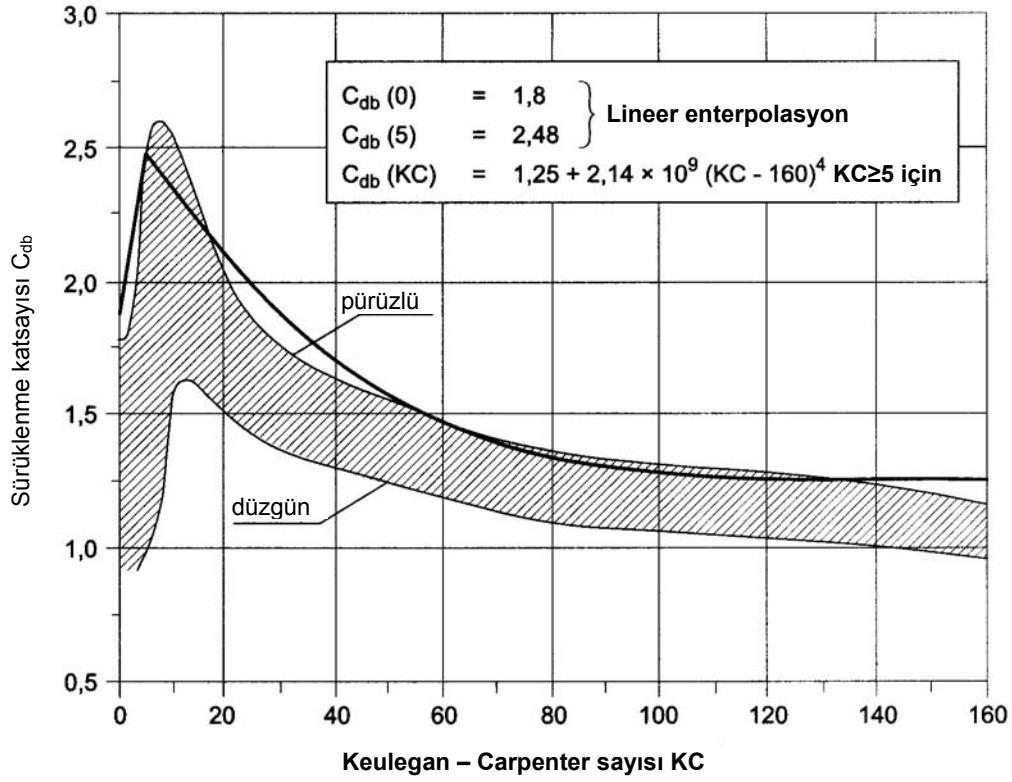
Verilen eğriler arasında lineer interpolasyon yapılabilir. α parametreleri Bölüm 4, C.4.16'da tanımlanmıştır.

7. Kısmen gömülü borular için, S_b/D_t bağlı gömme derinliği nedeniyle C_{db} , C_{mb} ve C_1 değerlerinin bağlı değişimi Şekil C.13 ve C.14 kullanılarak hesaplanabilir.

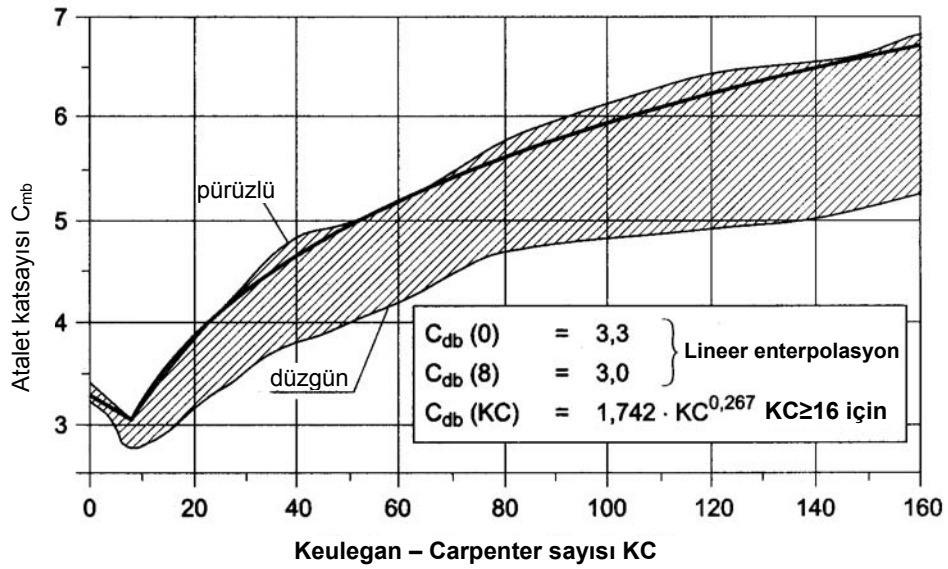


Şekil C.4 Düzenli dalga teorisi seçme diyagramı

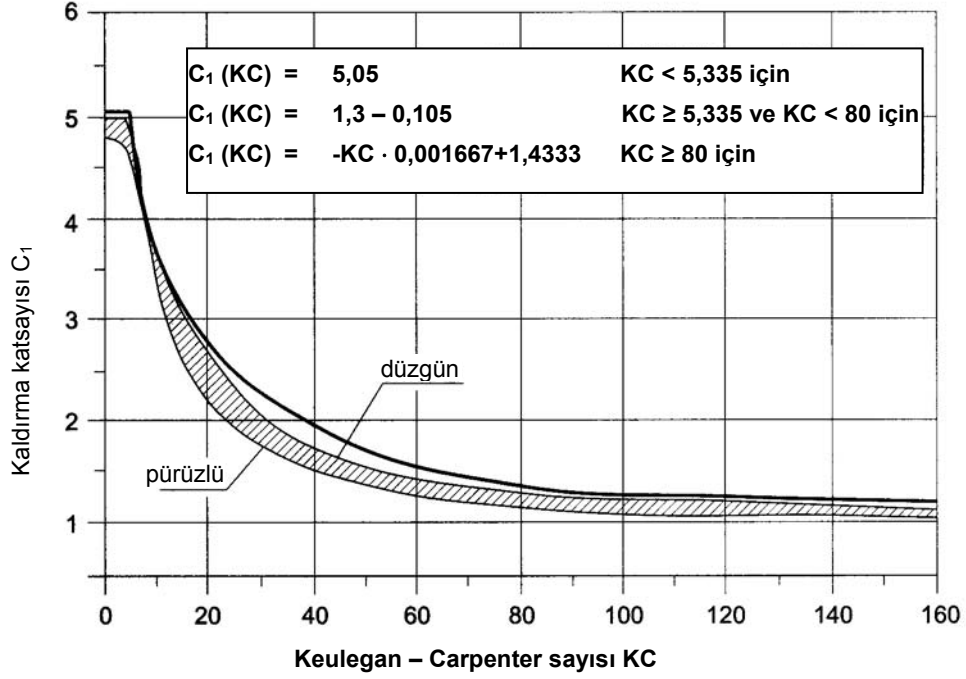
Şekil C.5 Dalgalardaki silindirler için C_D 'nin tayiniŞekil C.6 Dalgalardaki silindirler için C_m 'nin tayini



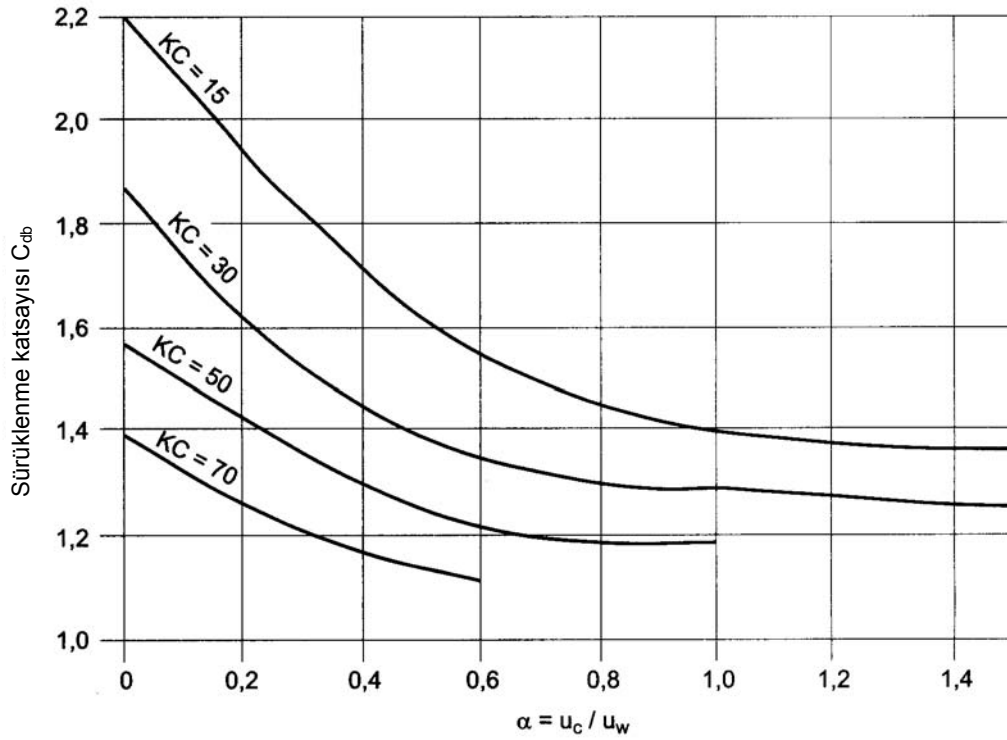
Şekil C.7 Sadece dalga yükü için dipte sürüklenme katsayısı



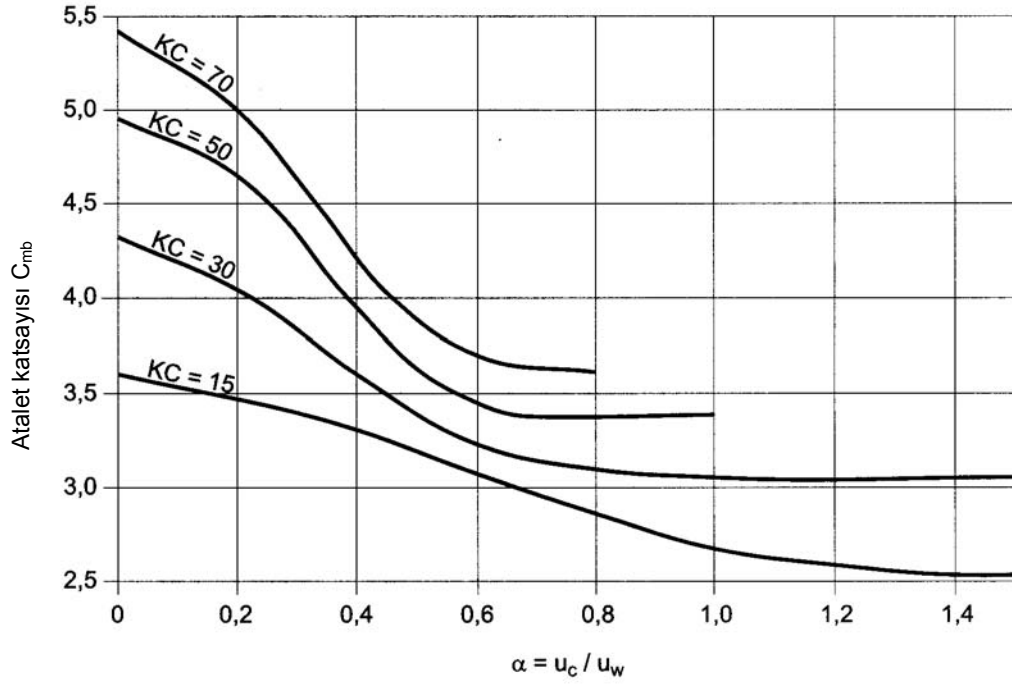
Şekil C.8 Sadece dalga yükü için dip atalet katsayısı



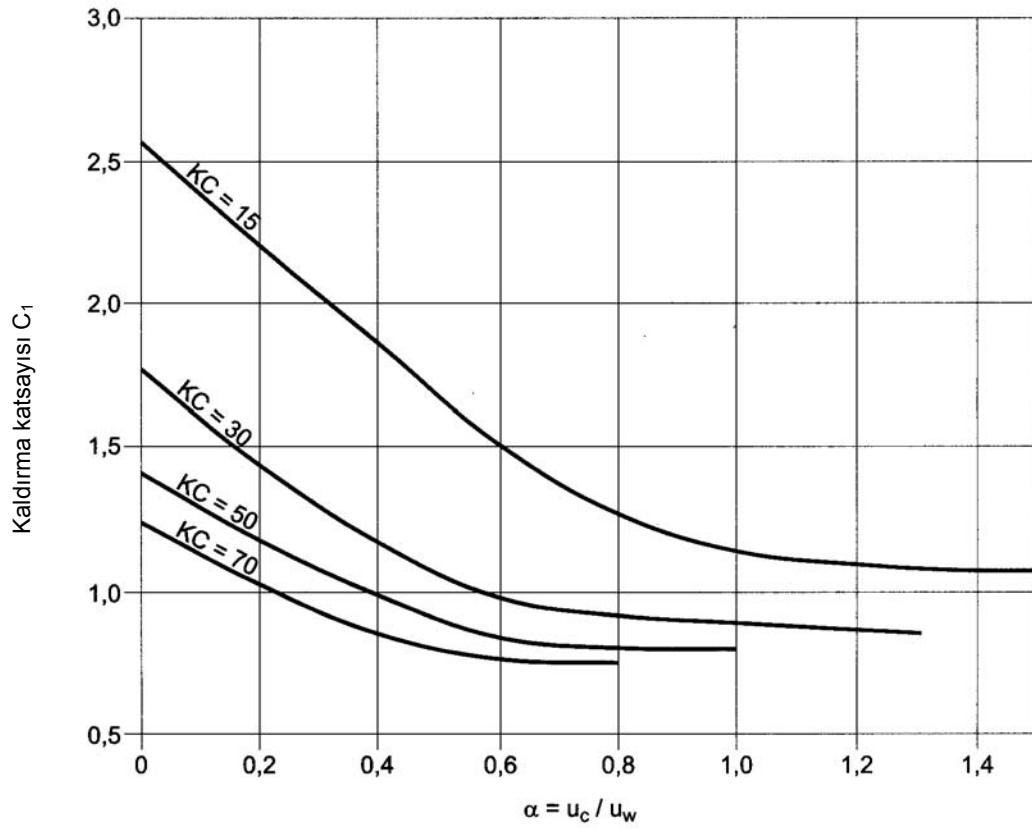
Şekil C.9 Sadece dalga yükü için kaldırma katsayısı



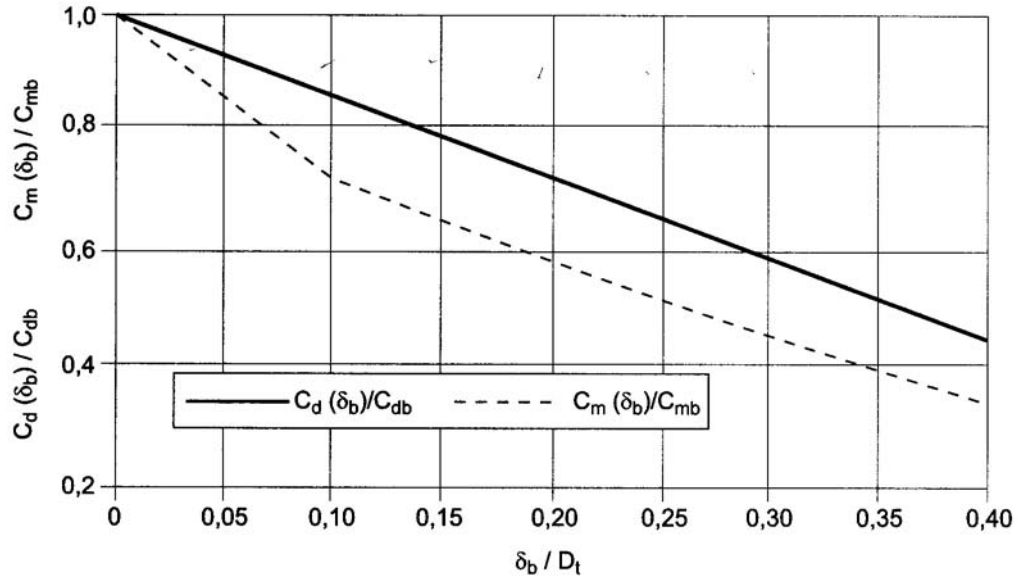
Şekil C.10 Dalga ve akıntı yükü için dipte sürüklenme katsayısı



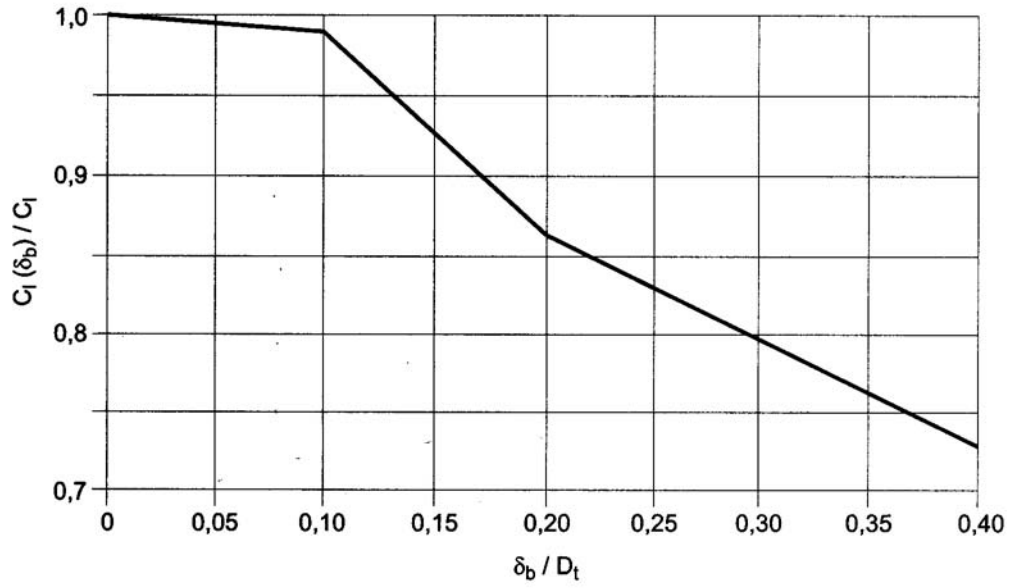
Şekil C.11 Dalga ve akıntı yükü için dip atalet katsayısı



Şekil C.12 Dalga ve akıntı yükü için kaldırma katsayısı



Şekil C.13 Dalga ve akıntı yükü için kısmen gömülü boru hatlarının sürüklenme ve atalet katsayıları oranı



Şekil C.14 Dalga ve akıntı yükü için kısmen gömülü boru hatlarının kaldırma katsayısı oranı

I. Zemin Stabilitesi

Burada;

1. Dalga ve Akıntı Hareketi Nedeniyle Zeminin Kararsızlığı
 u_{ca} = Deniz yatağından yaklaşık 1 m. yukarıdaki ortalama akıntı hızı [m/sn],
1.1 Hareket eşiği teorisi

$$= \frac{8}{7} \cdot u_{da} \cdot \left(\frac{z_1}{d_w} \right)^{1/7}$$

Yer değiştirmeye karşı, zeminin direnci; deniz yatağının şekline, suya batmış ağırlığa, dalga ve akıntı hareketlerine bağlıdır. Kesme kuvveti ile zerrecik ağırlığı arasındaki oran, zerreciğin stabilitesini ifade eder.

 d_w = Su derinliği [m],

 u_{da} = Derinlik ortalamalı hız [m/sn],
1.1.1 Shields parametresi
 z_1 = Deniz yatağından referans yüksekliği (z_1 , 1 m.'dir),

Gevşek zeminlerin stabilitesini belirlemek için Shields parametresi kullanılabilir.

 C = Chezy katsayısı,

Deniz yatağı boyunca türbülanslı akımlar için, shields parametresi $\psi \leq 0,06$ ise, zerrecik hareketinin başlaması önlenir. Bu parametre aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$= 5,75 \log \left(\frac{12d_w}{k} \right)$$

$$\psi_s = \frac{\tau}{(\rho_s - \rho_w) \cdot g \cdot d_{50}} \quad (C.40)$$

 k = Deniz yatağı pürüzlülüğü,

$$= 2 \cdot d_{50} \text{ [m]}$$

Burada;

 f_w = Sürtünme katsayısı,

 τ = Dalga ve akıntıdan kaynaklanan kesme gerilmesi [N/m²]

$$= \exp \left[-5,977 + 5,213 \left(\frac{Y_b}{k} \right)^{-0,194} \right];$$

 ρ_s = Zemin malzemesi yoğunluğu [kg/m³],

$$1,47 < \frac{Y_b}{k} < 3000 \text{ için}$$

 ρ_w = Suyun yoğunluğu [kg/m³],

$$f_w = 0,32 \quad ; \quad \frac{Y_b}{k} < 1,47 \text{ için}$$

 g = Gravite sabiti, 9,81 m/sn²,

 Y_b = Yörüngesel hareketin genliği [m],

 d_{50} = Ağırlıkça %50 parçacığa karşılık gelen zemin zerreciği çapı [m].

$$= \frac{H}{2} \cdot \frac{1}{\sinh \left(\frac{2\pi \cdot d_w}{L} \right)}$$

1.1.2 Kesme gerilmesinin hesabı
 ϕ = Dalga ve akıntı yönleri arasındaki açı,

Kombine dalga ve akıntı hareketi nedeniyle oluşan kesme gerilmesi τ , aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

 u_{wm} = Deniz yatağı boyunca, maksimum dalga kaynaklı hız [m/sn].

$$\tau = \frac{\rho_w}{C^2} \left[u_{ca}^2 + 2 \cdot \sqrt{\frac{f_w \cdot C^2}{2g}} \cdot u_{ca} \cdot u_{wm} |\cos \phi| + \frac{f_w \cdot C^2}{2} \cdot u_{wm}^2 \right]$$

$$= \frac{\pi \cdot H}{T} \cdot \frac{1}{\sinh \left(\frac{2\pi \cdot dw}{L} \right)}$$

H = Dalga yüksekliği [m],

T = Dalga periyodu [sn],

L = Dalga boyu [m].

1.1.2.1 Düzensiz deniz durumu

Madde 1.1.2'de kesme gerilmesi için verilen formül sadece düzenli dalgalara uygulanır. Rastgele dalgalar için yörüngesel hızın hesabında, temsili dalga yüksekliği seçilmelidir. Gerekli uygulamalarda kullanılacak dalga yüksekliği ve önerilen Shields parametresi ile ilgili bilgiler Tablo C.2'de verilmiştir:

Tablo C.2 Rastgele dalgalar için Shields parametresi

Uygulama	Dalga yüksekliği parametresi	ψ değeri
Çökelti taşınması	H_s	$\psi > 0,1$
Kaba malzeme taşınması	H_s	$0,03 < \psi \leq 0,1$
Stabilite hesabı	$H_1 \%, H_{maks}$	$\psi < 0,3$

1.1.2.2 Banketler

Madde 1.1.2'de kesme gerilmesi için verilen formül sadece yatay deniz yataklarına uygulanır.

Meyilli deniz yatakları veya kaplama tabakları için, aşağı doğru meyil yönündeki bileşenleri ve zerreciğin ağırlığının hareketi önleyici kuvvete tam olarak yardımcı olmaması nedeniyle, zerreciğin hareket direnci azalır. Ayrıca kaplama üzerindeki artan türbalans nedeniyle kesme gerilmesi bir miktar artar. Suyun hızının meyilli düzleme dik veya paralel olmasına bağlı olarak, kritik kesme gerilmesi ψ_s , aşağıdaki faktör kadar azaltılmalıdır:

$$\sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{\sin \varphi}} < f < \cos(\alpha) \left(1 - \frac{\tan(\alpha) \tan(\varphi)}{\tan(\varphi)} \right) \quad (C.42)$$

Burada;

F = Azaltma katsayısı,

α = Meyil açısı [derece / radyan],

φ = İç sürtünme açısı [derece / radyan].

1.1.3 Dolgu üzerindeki dövünme etkisi

Kırılan dalgaların oluşabileceği alanlarda, dövünme etkileri dikkate alınacaktır. bu koşullarda, Shields denge kriteri uygulanmaz.

Kırılan dalgalar ile su derinliği arasındaki bağıntı Weggel teorisi ile verilir:

$$\frac{d_B}{H_B} = \frac{1}{b - a}$$

Burada;

$$b = \frac{1,56}{1 + \exp(-19,5 \cdot \alpha)}$$

$$a = (1 - \exp(19 \cdot \alpha)) \cdot \frac{H_B}{gT^2}$$

Burada;

d_B = Kırılan dalganın olduğu su derinliği [m],

H_B = Kırılan dalganın dalga yüksekliği [m],

α = Deniz tabanı meyili [-],

T = Periyot [sn].

Minimum kütle W_s 'in hesabı için Hudson formülü kullanılabilir:

$$W_s = \frac{S \cdot p_s \cdot H_B^3}{\cotg(\alpha) \left(\frac{p_s}{p_w} - 1 \right)^3} \quad (C.43)$$

Burada;

H_B = Kırılan dalga yüksekliği,

S = Stabilite faktörü, emniyet isteklerine bağlı olarak, 2,0 olarak alınabilir.

Küresel olduğu kabul edilerek, deniz yatağı malzemesinin minimum çapı, aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot W_s}{\pi \cdot \rho_s}} \quad (\text{C.44})$$

1.2 Zemin malzemesinin taşınması

Dalga ve akıntı hareketleri altında zemin malzemesinin taşınma miktarının hesabı; boru hattını hidrodinamik kuvvetlere maruz bırakarak, dolgu veya kaplama malzemesinin kaybının belirlenmesi için gerekebilir.

1.2.1 Taşınma miktarı

Aşağıda, taşınma miktarı q ile ilgili olarak verilen formülün, eklenen dalga hareketi için test edilmemiş olduğu ve en az 10 veya daha büyük bir faktörlük sapmalar olabileceği dikkate alınmalıdır. Bu dikkate alınarak, söz konusu formül, malzeme kaybının büyüklüğünü belirlemek için bir analiz vasıtası olarak kullanılabilir.

$$q = \frac{\sqrt{g \cdot \Delta \cdot d_{50}^3}}{N} \cdot \Phi \quad [\text{m}^3/\text{m/s}] \quad (\text{C.45})$$

Burada;

Δ = Bağlı yoğunluk,

$$= \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_s}$$

N = Katı maddenin toplam hacmine oranı,

$$= 1-p$$

p = Zemin malzemesinin porozitesi,

Φ = Taşınma şiddeti.

Bu eşitlik, aşağıdaki özellikteki kaba malzemelere (genelde dolgu ve banketler için kullanılan) uygulanır:

$$d > 2,5 \text{ mm}$$

$$\Phi = 1,64 \cdot 10^{10} \cdot \psi^{10,86}$$

1.2.2 Dolgu / kaplama malzemesinin kaybı

Dolgu malzemesinin kaybı, dolgu malzemesinin taşıma kapasitesine bağlıdır. Ancak, kaybın, taşınma kapasitesine eşit olması gerekmez. Dolgu malzemesi, normalde, yatak yükü ile taşınır. Bunun anlamı, malzemenin hareketinin kaplama yüksekliğini değiştirmeyeceğidir. Sadece, stabilite için gerekli alandan taşınan malzeme, kayıp olarak kabul edilir.

Dolgu malzemesi kaybının hacmi, stabilite için gerekli minimum kaplama hacmine ilave edilmelidir. Boşaltılması gerekli hacim, kaplama yüksekliğinin fonksiyonu olarak hesaplanabilir.

Dolgu malzemesinin kaybının hacmi, kaplama geometrisine bağlıdır.

1.2.2.1 Boru hattı kanalının dolgusu

Kaplama geometrisi (Şekil C.15'e bakınız), taranmış boru hattı kanalının (kısmi) dolgusu olarak tanımlanır. Bu geometri için, dikkate alınacak dolgu malzemesi kaybı, boşaltmanın sonunda stabilite alanından taşınan malzemedir. Akıntının bir doğrultudan sabit olarak etkiyeceği kabul edildiğinden, sadece bir uç dikkate alınmalıdır. Gerçekte, gel git akıntısının mevcudiyeti nedeniyle, kayıp iki uç seksiyon arasında bölünecektir.

Bu nedenle, malzeme kaybı, aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$\Delta V = q \cdot \cos(\alpha) \cdot (D + 2 \cdot n_c \cdot h_{\text{kapl}})$$

Burada;

ΔV = Boşaltma seksiyonu başına dolgu malzemesinin yerindeki kayıp miktarı,

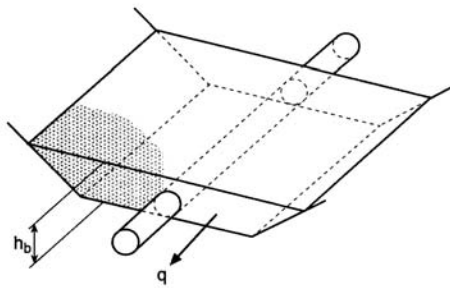
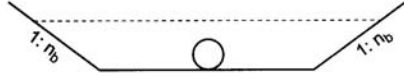
q = Dolgu malzemesinin taşıma miktarı,

α = Taşınma doğrultusu ve boru hattı eksenini arasındaki açı,

D = Boru çapı,

n_c = Kaplama açısı,

h_b = Kaplama yüksekliği.



Şekil C.15 Boru hattı kanalındaki dolgu kaybı

1.2.2.2 Kaplama banketi

Kaplama geometrisi (Şekil C.16'ya bakınız), banket genişliği ve kaplama meyili ile tanımlanır. Bu kapak geometrisi için, kaplama banketinden taşınan dolgu malzemesinin taşınma miktarı, kayıp olarak dikkate alınmalıdır.

Bu nedenle, malzeme kaybı, aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

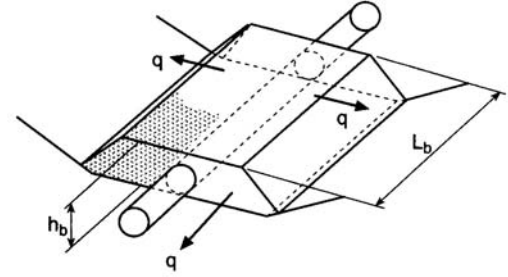
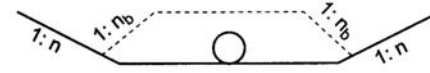
$$\Delta P = q \cdot [\cos(\alpha) \cdot (D + 2 \cdot n_c \cdot h_b) + L_b \cdot \sin(\alpha)] \quad (\text{C.46})$$

Burada;

L_b = Kaplama boyu,

1.2.3 Zemin malzemesinin yıllık kaybı

Hidrolik koşullar ve taşınma arasındaki bağıntı ve deniz yatağı malzemesinin verilen özellikleri göz önüne alınarak, akıntı ve dalga koşulları entegre edilerek yıllık kayıplar belirlenebilir.



Şekil C.16 Banketteki dolgu kaybı

J. Zeminin Sıvılaşması

1. Genel

Sıvılaşma; sismik hareketlerin sonucu olarak veya sürekli okyanus dalgası dizisinin neden olduğu gözenek basıncı oluşumunun neticesinde, kumlu zeminlerde görülebilir. Sıvılaşmış zemin, ağır bir sıvı gibi hareket eder. Boru hatlarına belirgin tehlike, taşıma kapasitesinin düşmesi nedeniyle düşey stabilitenin bozulmasıdır.

1.1 Zemin özellikleri

Aşağıdaki özelliklere sahip kumlar özellikle sıvılaşmaya eğilimlidirler:

- Düşük bağıl yoğunluk (gevşekten, çok gevşeye),
- Küçük zerrecik miktarı %15'den az,
- d_{50} , 0,1 mm.'den büyük.

Zemin penetrasyon testinden (SPT) elde edilmek üzere, penetrasyon direnci $N \leq 5$ blows / feet olan kumlar sıvılaşmaya eğilimlidir.

1.1.1 Deniz yatağında dalga basıncı dağılımı

Deniz yatağı üzerine dalgaların yüklediği basıncın etkisi, aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir:

$$\Delta P = \frac{\rho_{sw} \cdot g \cdot H_s}{2} \cdot \frac{\cosh\left(2\pi \frac{(z+D)}{L}\right)}{\cosh\left(2\pi \frac{D}{L}\right)} \cdot \cos\left(2\pi \left(\frac{x}{L} - \frac{t}{T}\right)\right) \quad (C.47)$$

Burada;

ΔP = Dalga dizisi geçişi nedeniyle deniz yatağı üzerindeki dinamik basınç artışı,

t = Zaman koordinatı,

x = Yatay koordinatı,

z = Sakin su düzeyi altındaki düşey koordinat,

ρ_{sw} = Deniz suyu yoğunluğu,

g = Gravite ivmesi,

H_s = Etkin yükseklik,

L = Dalga boyu,

T = Dalga periyodu.

1.1.2 Deniz yatağı altında oluşan çevrimsel kesme gerilmeleri

Dalga dizisi geçişi nedeniyle, deniz tabanı altında oluşan gerçek çevrimsel kesme gerilmelerinin hesabı, oldukça karmaşık olup, idealize edilmiş iki boyutlu zemin modelinin sonlu elemanlar analizi ile yapılır. Ancak, sonlu elemanlar analizinin gerekliliği veya analizlerde Şekil C.17'deki parametrelerin esas alınacağını değerlendirilmesi için, aşağıdaki prosedür kullanılabilir.

Yukarıda verilen eşitlikle ifade edilen, dalga hareketinden kaynaklanan dinamik basınç artışı ΔP , deniz yatağındaki bileşke basınç dağılımının da bir kosinüs dalgası formunda olacağını gösterir. Tekil bir

dalгада, maksimum kesme gerilmesi τ_{maks} 'ı uzamsal koordinatın fonksiyonu olarak hesaplamak için elastisite teorisi kullanılabilir.

Şekil C.17'de, çeşitli derinliklerde, maksimum çevrimsel kesme gerilmelerinin hesabında kullanılan boyutsuz çizim verilmektedir.

1.1.3 Zeminin çevrimsel kesme mukavemeti

Maksimum kesme gerilmesi τ_{maks} , sıvılaşmaya neden olan kritik kesme gerilmesi τ_c 'den küçük olmalıdır. τ_c 'ye çevrimsel kesme mukavemeti de denilir.

Sismik sıvılaşmalarla ilgili çeşitli bilgiler üzerinde yapılan çalışmalar esas alınarak, sismik sıvılaşma için gerekli olan sınırlı uzamalı çevrimsel kesme gerilmesi oranı (τ/σ_v) ile modifiye edilmiş penetrasyon (N_1) arasında bir bağıntıyı geliştirmiştir.

Ayrıca, deprem verileri esas alınarak, depremin şiddeti ile eşdeğer gerilme çevrimi sayısı arasında bir bağıntı da oluşturulmuştur. Bu bağıntıyı kullanarak, çeşitli modifiye penetrasyon direnci değerleri için, çevrimsel kesme gerilmesi oranı, eşdeğer çevrim sayısının (N_{eq}) fonksiyonu olarak çizilebilir, Şekil C.18'e bakınız.

Sismik sıvılaşma için Şekil C.18'de sunulan sonuçlar, aşağıdaki eşitlikler kullanılarak N-değerleri N_1 modifiye penetrasyon direnci değerlerine dönüştürülerek, dalga hareketi kaynaklı sıvılaşma için kullanılabilir:

$$N_1 = C_N \cdot N$$

$$C_N = 1 - 1,25 \log\left(\frac{\sigma_v}{\sigma_1}\right)$$

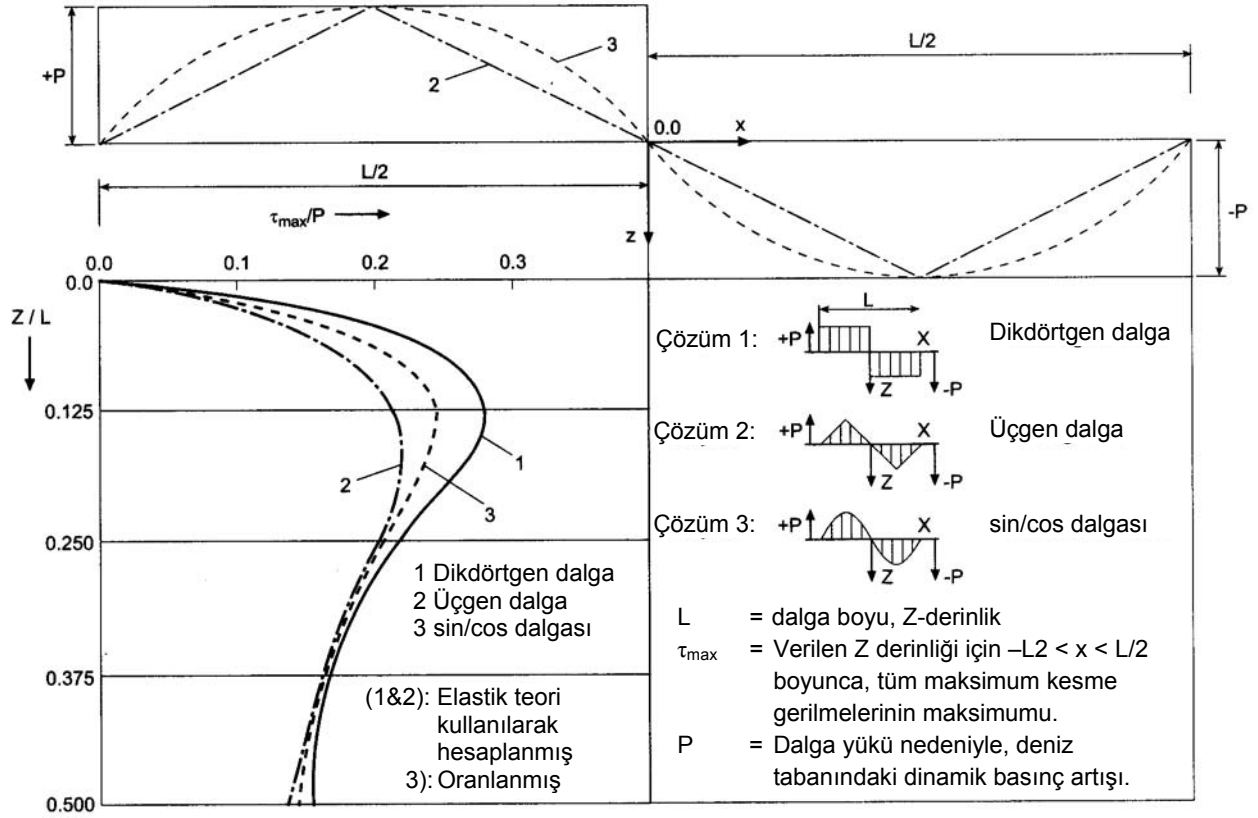
$$\sigma_v = \rho_{si} \cdot g \cdot h$$

Burada;

σ_v = Penetrasyon direnci bir N değerine sahip olduğunda, ton/ft² olarak etkin aşırı basınç,

σ_1 = 1 ton/ft²

h = Deniz yatağı altından mesafe,



Şekil C.17 Deniz tabanında dalga yükü nedeniyle çevrimsel kesme gerilmesi dağılımı

Dalga kaynaklı sıvılaşmanın oluşması için gerekli eşdeğer çevrimlerin sayısı, bir kaç yüz çevrim civarındadır. Üç-eksenli çevrimsel test verilerinden, N_{eq} 'in 100 ile 1000 değerleri arasında, sıvılaşmaya neden olan çevrimsel kesme oranında önemli bir değişim olmadığı anlaşıldığından, basitleştirilmiş analizlerde N_{eq} , 100 olarak kabul edilecektir.

Bu prosedürü uygulayarak, dalga dizisi geçişinden kaynaklanan maksimum kesme gerilmesi τ_{maks} ve zeminin çevrimsel kesme mukavemeti τ hesaplanabilir. Eğer $\tau > \tau_{maks}$ ise ayrıntılı analize gerek yoktur ve hidrodynamic koşullar, sıvılaşmanın oluşmayacağı durumdadır. Diğer yandan, $\tau < \tau_{maks}$ ise ayrıntılı bir analiz gerekecektir.

$\gamma_m = 2,0$ olan bir emniyet faktörü uygulanır.

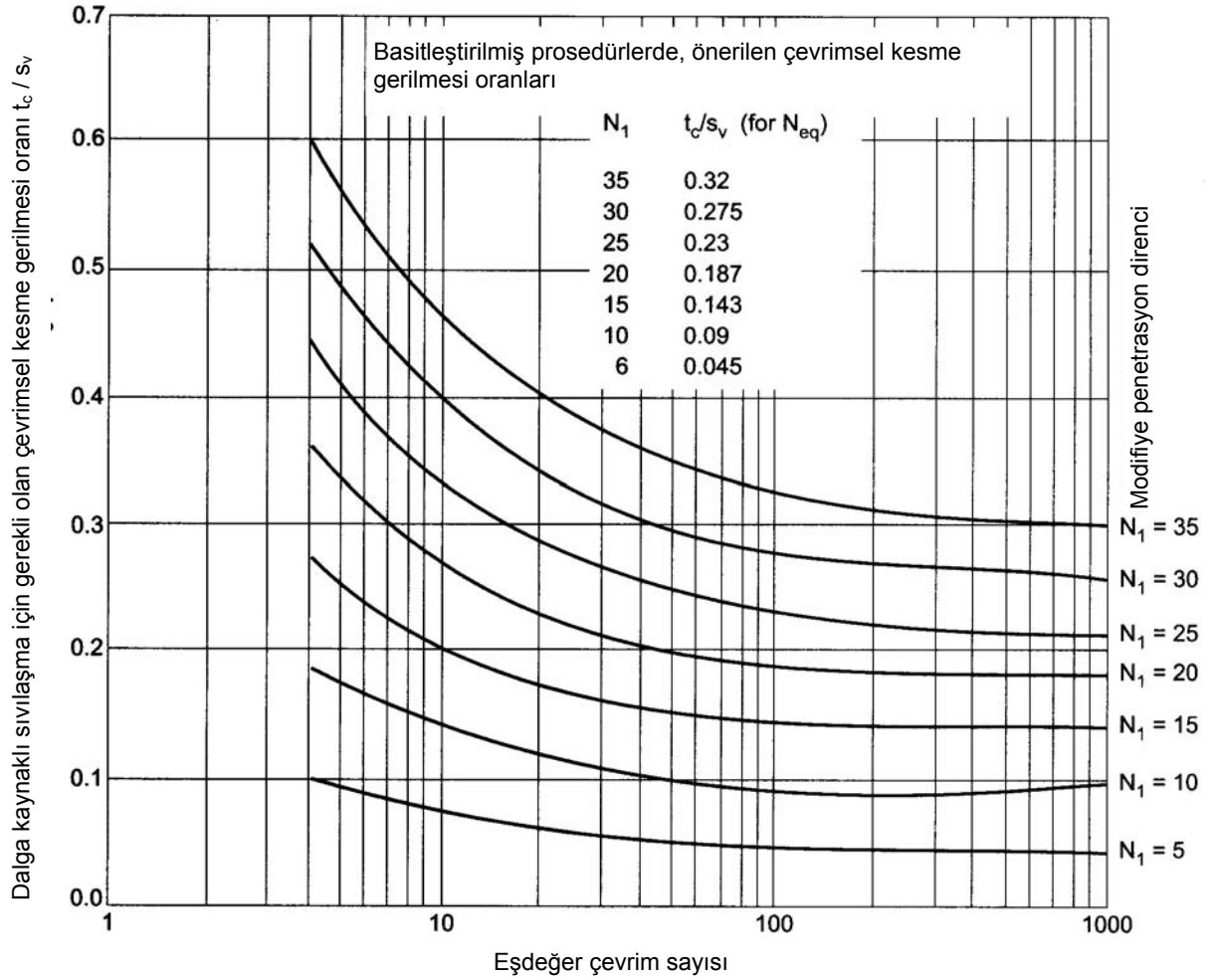
2. Zemin Sürtünme Katsayısı

Zemin sürtünmesinin eksenel ve yanal katsayıları, çeşitli boru / deniz yatağı etkileşim mekanizmalarının ampirik sadeleştirilmesini ifade eder.

Tablo C.3'de verilen değerler; test verilerinin mevcut olmadığı haller için, çubuk burkulma ve dip stabilitesi analizlerinde kullanılmak üzere önerilen minimum ve maksimum sürtünme katsayılarını ifade eder.

Tablo C.3 Minimum ve maksimum zemin sürtünme katsayıları

Zemin tipi	Eksenel μ		Yanal μ	
	min	maks	min	maks
Yapışmasız kum	0,5	1,0	0,5	0,9
Yapışkan kil ve çamur	0,3	1,0	0,3	0,7



Şekil C.18 Çeşitli modifiye penetrasyon dirençleri için, dalgı kaynaklı sıvılaşma için gerekli olan eşdeğer çevrim sayısı ile kesme gerilmesi oranı arasındaki bağıntı

K. Boru Hatlarının ve Düşey Boruların Katodik Korunması ile İlgili Akım İsteklerine Ait Bilgiler

Gerçek saha verilerinin bulunmadığı hallerde, akım yoğunlukları ile ilgili olarak aşağıdaki değerler dikkate alınabilir.

Tablo C.4 Korumasız çeliğin katodik korunması için minimum dizayn akım yoğunlukları

Coğrafi alan	Akım yoğunluğu [mA/m ²]		
	Başlangıç	Ortalama	Son
a) Deniz suyuna açık			
- Kuzey Denizi (62 °N'un kuzeyi)	220	100	130
- Kuzey Denizi (55-62 °N kuzey sektörü)	180	90	120
- Kuzey Denizi (55 °N'ye kadar güney sektörü)	150	90	90
- Kuzey Denizi (62 °N'un kuzeyi Batı U.K, Batı İrlanda, Hollanda)	220	100	130
- Akdeniz, Adriyatik Denizi, Meksika Körfezi, Endonezya	110	60	80
b) Ortam sıcaklığında tuzlu çamura gömülü			
- Tüm bölgeler	25	20	20

Çelik boru hattı sisteminin katodik koruması için dizayn akım yoğunluğu ihtiyacının (i) seçimi, aşağıda belirtilen iki kademe de yapılır:

- Korumasız çelik için akım yoğunluğu ihtiyacının hesabı (i_o),
- Kaplama bozulmasının kapsamının hesabı (p).

$$p = \frac{\text{kaplanmış çelik için akım yoğunluğu (I)}}{\text{kaplanmamış çelik için akım yoğunluğu (i_o)}}$$

Sıcak çelik yüzeyler için yukarıdaki değerler, 25°C'ın üzerindeki her °C için 1mA/m² arttırılmalıdır. 25°C'ın altındaki sıcaklıklar ortam sıcaklığı olarak kabul edilir.

Kaplamanın bozulmasına etki edebilen çok sayıdaki faktör dikkate alınarak, Tablo C.4'de gösterilen değerlerin büyük oranda bilgi niteliğinde olduğu kabul edilecektir. Herhangi bir boru hattı projesi için, katodik koruma dizayn değerleri, uygun referans dokümanlar veya benzeri projelerdeki saha kayıt verileri esas alınarak seçilmelidir.

Tablo C.4'de verilen değerler, deniz suyuna maruz ve gömülü durumdaki boru hatlarına uygulanır. Değerler; uygulanan kaplama sistemi, saha birleştirmelerinin kaplanması ve boru hattının montaj yöntemine göre değişim gösterirler.

30 yılı aşan dizayn ömürleri için, aşağıda belirtilen tüm kaplama sistemleri için, aşağıdaki bilgi niteliğindeki yıllık artış oranları kullanılır:

% 0,2 Ortalama kaplama bozulması için

% 0,4 Nihai kaplama bozulması için

Tablo C.5 30 yıllık ömür için kaplama bozulma kriterleri

Kaplama sistemi	Kaplama bozulması p [%]	
	Başlangıç	Nihai
- üç kat polietilen sistemi, veya - üç kat polipropilen sistemi, veya - tek katlı, bariyer kaplaması ile birlikte füzyon yapışmalı epoksi sistemi Tümü ağırlık kaplamalı	2÷3	5÷10
Asfalt veya katran enamel + ağırlık kaplaması	5	11
Üç kat polietilen sistemi, ağırlık kaplamasız	6	12
Füzyon yapışmalı epoksi, sıvı epoksi veya poliüretan, ağırlık kaplamasız	10÷20	20÷40