

OXA TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ.

Endüstriyel Elektrik ve Otomasyon Mühendislik Hizmetleri

Doküman No: OXA-EHT-SPC-001 • Revizyon: 01 • Tarih: 19.05.2026

ELEKTRİKLİ ISI İZLEME SİSTEMİ

(ELECTRICAL HEAT TRACING SYSTEM)

TEKNİK ŞARTNAME

1.0 KAPSAM

1.1 Bu teknik şartname Oxa Teknolojileri Mühendislik Ltd. Şti. (bundan sonra "Oxa" olarak anılacaktır) tarafından hazırlanmış olup; endüstriyel tesislerde donmaya karşı koruma (frost protection) ve proses sıcaklığını koruma (process temperature maintenance) amaçları ile uygulanacak elektrikli ısı izleme (heat tracing) sisteminin tasarımı, malzeme temini, imalatı, montajı, saha testleri ve devreye alma işlerine ait genel teknik koşulları tanımlar.

1.2 Elektrikli Isı İzleme Yüklenicisi; sistemin eksiksiz, çalışır ve teslim edilebilir hâlde devreye alınması için gerekli olan malzeme, işçilik, mühendislik, süpervizyon, alet ve ekipmanların temininden sorumludur. Yüklenicinin sorumluluk kapsamı aşağıdaki kalemleri içerir:

- Elektrikli ısıtma sistemi için gerekli malzemelerin, kontrol panolarının ve gerektiğinde ayırıcı/izolasyon trafolarının tasarımı, tedariki ve montajı,
- Kontrol panosundan boru/ekipman yüzeyine kadar olan ısıtıcı kablo, RTD sıcaklık sensörü, klemens kutusu ve bağlantı kutularına ait güç ve enstrüman kablolama işleri,
- Isı yalıtım (izolasyon) sisteminin tasarımı, malzeme temini ve montajı,
- Sistem ısı kaybı hesaplamaları, devre tasarımları, izometrik çizimler ve montaj projelerinin hazırlanması,
- Saha testleri, devreye alma ve son kabul belgelerinin hazırlanması,
- İşletme, bakım ve yedek parça (O&M) dokümantasyonunun hazırlanarak İşverene teslim edilmesi.

1.3 Yüklenici tarafından önerilen tüm tasarım, malzeme ve uygulama yöntemleri, imalat ve saha uygulamasından önce İşveren ve/veya Mühendis onayına sunulacaktır. Onaysız hiçbir imalat veya saha uygulaması başlatılamaz.

1.4 Bu şartnamede belirtilmemiş ancak sistemin sağlıklı çalışması için gerekli olan tüm yardımcı malzeme, bağlantı elemanı ve aksesuar Yüklenicinin sorumluluğundadır; ayrıca bir bedel talep edilmez.

2.0 TANIMLAR VE KISALTMALAR

2.1 Bu şartname kapsamında kullanılan başlıca terim ve kısaltmalar aşağıda tanımlanmıştır:

İşveren: Sistemin sahibi olan ve nihai kabulü gerçekleştirecek olan kurum/kuruluş.

Mühendis: İşveren adına projeyi denetleyen ve onay yetkisi taşıyan teknik temsilci.

Yüklenici: Bu şartname kapsamındaki işleri yapmakla yükümlü olan firma.

EHT (Electrical Heat Tracing): Elektrikli ısı izleme sistemi; boru ve ekipmanlarda donmaya karşı koruma veya proses sıcaklığını koruma amaçlı uygulanan elektrikli ısıtma yöntemi.

Kendinden Regüleli Kablo: Sıcaklık arttıkça ohm cinsinden direnci artarak güç çıkışını otomatik olarak düşüren paralel devreli ısıtma kablosu (self-regulating).

Sabit Güçlü Kablo: Birim uzunluk başına sabit güç (W/m) veren paralel ya da seri devreli ısıtma kablosu (constant wattage).

MI Kablo: Mineral yalıtımlı (mineral-insulated), metal kılıflı seri direnç tipi ısıtma kablosu.

RTD: Direnç sıcaklık dedektörü (Resistance Temperature Detector); Pt100 platinyum sensör.

T-Sınıfı (Temperature Class): Patlayıcı atmosferde kullanılan ekipmanın yüzey sıcaklığı sınırlamasını belirten sınıflama (T1: 450 °C ... T6: 85 °C).

IP Koruma Sınıfı: TS EN 60529 standardına göre muhafaza koruma derecesi (ör. IP65).

RCD/RCBO: Kaçak akım koruma rölesi; toprak kaçaklarına karşı koruma sağlar.

HOA: El-0-Otomatik (Hand-Off-Auto) seçici anahtar.

ATEX: Avrupa Birliği Patlayıcı Ortamlar Direktifleri (2014/34/EU ve 1999/92/EC).

IECEx: Patlayıcı atmosferlere yönelik IEC Belgelendirme Sistemi.

Zone 1 / Zone 2: Patlayıcı gaz atmosferinin sırasıyla normal işletme koşullarında bulunabildiği ve nadiren / kısa süreli bulunabildiği bölgeler (TS EN 60079-10-1).

Zone 21 / Zone 22: Yanıcı toz bulutunun sırasıyla normal işletmede bulunabildiği ve nadiren / kısa süreli bulunabildiği bölgeler (TS EN 60079-10-2).

Ex e: Artırılmış emniyet tipi koruma yöntemi (TS EN IEC 60079-7).

3.0 REFERANS KOD VE STANDARTLAR

3.1 Bu şartname kapsamındaki tüm tasarım, malzeme, imalat, montaj ve test işleri, en güncel baskı (revizyon) hâliyle aşağıdaki standartlara ve onların atıf yaptığı diğer standartlara uygun olarak gerçekleştirilecektir. Standartlar arasında çelişki bulunması hâlinde, daha sıkı (en kısıtlayıcı) hüküm geçerlidir.

3.2 Ulusal Standartlar (TSE)

- TS HD 60364 Serisi — Alçak Gerilim Elektrik Tesisleri
- TS EN 60079-0 — Patlayıcı ortamlar – Bölüm 0: Cihazlar – Genel kurallar
- TS EN IEC 60079-7 — Patlayıcı ortamlar – Bölüm 7: "e" tipi artırılmış emniyetle korunan cihazlar
- TS EN IEC 60079-10-1 — Patlayıcı ortamlar – Bölüm 10-1: Bölgelerin sınıflandırılması – Patlayıcı gaz atmosferleri
- TS EN 60079-10-2 — Patlayıcı ortamlar – Bölüm 10-2: Bölgelerin sınıflandırılması – Patlayıcı toz atmosferleri
- TS EN IEC 60079-14 — Patlayıcı ortamlarda elektrik tesisatlarının tasarımı, seçimi ve kurulumu
- TS EN IEC/IEEE 60079-30-1 — Elektrikli rezistans ısı izleme – Genel ve test kuralları
- TS EN IEC/IEEE 60079-30-2 — Elektrikli rezistans ısı izleme – Tasarım, montaj ve bakım uygulama kılavuzu
- TS EN 60529 — Mahfazalarla sağlanan koruma dereceleri (IP kodu)
- TS EN 60947 Serisi — Alçak gerilim anahtarlama ve kontrol cihazları
- TS EN ISO 13732-1 — Sıcak yüzeylere temas için ergonomik veriler

3.3 Uluslararası Standartlar

- IEEE 515-2017 — IEEE Standard for the Testing, Design, Installation, and Maintenance of Electrical Resistance Trace Heating for Industrial Applications
- IEC/IEEE 60079-30-1 — Electrical resistance trace heating: General and testing requirements
- IEC/IEEE 60079-30-2 — Electrical resistance trace heating: Application guide for design, installation and maintenance
- IEC 60079-14 — Explosive atmospheres – Electrical installations design, selection and erection
- IEC 60364 Serisi — Low-voltage electrical installations

- IEC 60529 — Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
- NFPA 70 (NEC), Article 426 (Fixed Outdoor Electric Deicing and Snow-Melting Equipment) ve Article 427 (Fixed Electric Heating Equipment for Pipelines and Vessels)
- NEMA ICS — Industrial Control and Systems Standards
- ASTM C547 / C552 / C610 — Endüstriyel boru izolasyon malzemeleri

3.4 ATEX/IECEX Direktifleri

- Avrupa Birliği Direktifi 2014/34/EU (ATEX 114) — Patlayıcı ortamlarda kullanılmak üzere tasarlanan cihazlar ve koruyucu sistemler
- Avrupa Birliği Direktifi 1999/92/EC (ATEX 153) — İşçilerin patlayıcı ortam risklerinden korunması
- IECEx Belgelendirme Sistemi (TS EN ISO/IEC 80079 serisi)

3.5 Yüklenici, sahanın tehlikeli bölge sınıfına uygun ATEX/IECEX sertifikalı malzeme tedarik edecektir. Tüm sertifikalar Türkçe ya da İngilizce dilinde, asılları veya noter onaylı suretleri ile İşverene teslim edilecektir.

4.0 ÇEVRE VE SAHA KOŞULLARI

4.1 Tüm malzeme ve ekipman seçimi ile tasarım hesapları aşağıda verilen saha koşullarına göre yapılacaktır:

Parametre	Tasarım Değeri
Minimum dış ortam sıcaklığı (Tmin)	-30 °C
Maksimum dış ortam sıcaklığı (Tmax)	+40 °C
Ortalama yıllık sıcaklık (Tort)	+15 °C
Maksimum rüzgâr hızı	161 km/h (≈ 45 m/s)
Bağıl nem	%95 (maksimum)
Korozif atmosfer	Yok (Mühendis tarafından aksi belirtilmedikçe)
Deprem yükü	TS 498 ve mer'i Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne uygun
Tasarım rakımı	≤ 1.000 m (aşılması hâlinde derating uygulanacak)

4.2 Tasarım sıcaklığı olarak iç ortamlar için Tmin = +5 °C, dış ortamlar için Tmin = -30 °C alınacaktır. Boru ve ekipmanlardaki proses sıcaklığını koruma uygulamalarında ise koruma sıcaklığı (maintain temperature) İşveren proses verisinde belirtilen değer olacaktır.

4.3 Tasarım hesaplarında rüzgâr etkisi (forced convection) ve yağmur etkisi (rainfall) için TS EN IEC/IEEE 60079-30-2 ve IEEE 515-2017'de belirtilen ısı transfer katsayıları kullanılacaktır.

5.0 TEHLİKELİ SAHA (EX-PROOF) GEREKSİNİMLERİ

5.1 Patlayıcı atmosfer barındıran (Ex) sahalara monte edilecek tüm ısıtıcı kablo, klemens kutusu, RTD sensörü, bağlantı kutusu ve elektriksel aksesuarlar; ATEX 2014/34/EU Direktifi ile TS EN IEC 60079-0 (Genel Kurallar), TS EN IEC 60079-7 (Artırılmış Emniyet — Ex e), TS EN IEC 60079-30-1 (Elektrikli Direnç Isı İzleme — Genel ve Test Kuralları) ve TS EN IEC 60079-30-2 (Tasarım, Montaj ve Bakım Uygulama Rehberi) standartlarına uygun olarak tip sertifikalı (Notified Body onaylı) olacaktır.

5.2 Saha bölge sınıflandırması TS EN IEC 60079-10-1 (gaz/buhar — Zone 0, 1, 2) ve TS EN IEC 60079-10-2 (yanıcı tozlar — Zone 20, 21, 22) standartlarına göre yapılır. Bu şartname kapsamındaki ısıtıcı kablo ve aksesuarlar, EPL Gb veya Db (Zone 1/Zone 21 ve daha az tehlikeli bölgeler) için uygun olacaktır.

5.3 Sıcaklık sınıfı (T-Class) ve gaz grubu seçimi, korunan boru/ekipmanın bulunduğu sahanın tehlikeli madde özelliklerine göre belirlenecektir. Genel olarak:

Saha Türü	Gaz Grubu	Sıcaklık Sınıfı	EPL
Hidrokarbon işleme tesisleri (rafineri, petrokimya)	IIB veya IIC	T3 (≤ 200 °C)	Gb
Doğalgaz/LPG tesisleri	IIA / IIB	T3	Gb
Toz patlama riskli alanlar	IIIB / IIIC	T125 °C veya daha düşük	Db
Tehlikesiz (genel) sahalar	—	—	—

5.4 Patlama korumalı ısıtıcı kablo sisteminde aşırı sıcaklık koruması, mikroişlemci tabanlı sıcaklık kontrolcüsünde bağımsız bir yüksek sıcaklık kesme (high-limit cut-off) fonksiyonu olarak sağlanacaktır. Bu fonksiyon, T-Sınıfı sınırı aşıldığında devreyi otomatik olarak besleyen kontaktörü kesecektir.

5.5 Yüklenici; her ısıtıcı kablo tipi, klemens kutusu ve RTD sensörü için ATEX/IECEX sertifikalarını, EU Uygunluk Beyanı (DoC) ile birlikte tasarım onayı aşamasında İşverene sunacaktır.

6.0 GÜÇ KAYNAĞI VE ELEKTRİKSEL TASARIM ESASLARI

6.1 Sistemin beslemesi için tasarım kriterleri:

Parametre	Değer
Besleme gerilimi	380 V AC, 3 faz, 4 telli (3F+N), 50 Hz

Tek faz ısıtıcı kablo besleme	220–230 V AC, 50 Hz
Gerilim dalgalanması	± %10 (sürekli)
Frekans toleransı	± %5
Sistem topraklama	TN-S (ayrı koruma topraklaması)
Kaçak akım koruma eşiği	30 mA (TS HD 60364-4-41 uyarınca)
Devre sigorta kesme kapasitesi	≥ 10 kA
İlk çalıştırma akımı emniyet payı	Anma akımına oranla en az %30

6.2 Her ısıtma devresi için ayrı bir devre kesici (MCB veya kompakt şalter) ve 30 mA hassasiyetli kaçak akım koruma rölesi (RCD) kullanılacaktır. Tek bir koruma rölesi birden fazla devreyi besleyemez.

6.3 Tek bir ısıtıcı kablo devresinin maksimum akımı 16 A'ı (tek faz için) geçmeyecek; geçmesi hâlinde devre paralel veya çoklu beslemeli olarak bölünecektir.

6.4 Kablo seçimi ve kesit hesabı TS HD 60364-5-52 ve üreticinin akım-uzunluk eğrilerine uygun şekilde yapılacaktır. Maksimum kablo uzunlukları her devre için çizimlerde gösterilecektir.

7.0 SİSTEM İŞLETME MODLARI VE KONTROL

7.1 Her ısıtma devresi; "EL–0–Otomatik" (Hand-Off-Auto, HOA) seçici anahtar ile üç modda işletilebilecek şekilde tasarlanacaktır:

EL (Hand) konumu: İlgili devre, sıcaklık kontrolcüsünden bağımsız olarak doğrudan kontaktör üzerinden enerjilendirilir. Yalnızca devreye alma, test ve bakım amaçlı kullanılır.

0 (Off) konumu: İlgili devre, sıcaklık kontrolcüsü çalışsa dahi kontaktör açık tutularak enerjisiz bırakılır.

Otomatik (Auto) konumu: Devre, mikroişlemci tabanlı sıcaklık kontrolcüsü tarafından RTD okumasına göre otomatik olarak kontrol edilir. Normal işletme modu budur.

7.2 SICAKLIK KONTROL SİSTEMİ

Her ısıtma devresi; programlanabilir setpoint, yüksek/düşük sıcaklık alarmı, RTD kopması/kısa devresi tespiti ve toprak kaçağı alarmı fonksiyonlarına sahip mikroişlemci tabanlı bir sıcaklık kontrolcüsü ile yönetilecektir. Kontrolcü en az 4 haneli dijital göstergeye sahip olacak ve ölçülen sıcaklık ile setpoint değerini eş zamanlı görüntüleyecektir.

7.3 PANO ÖN YÜZÜ SİNYALİZASYONU

Her devre için pano ön yüzünde aşağıdaki sinyal lambaları bulunacaktır:

- **ENERJİ VAR (beyaz):** Devre kesicinin kapalı ve devrenin enerjili olduğunu gösterir.

- **KONTAKTÖR ENERJİLİ (kırmızı):** Isıtıcı kabloya enerji verildiğini gösterir.
- **ORTAK ALARM (sarı):** Yüksek/düşük sıcaklık, RTD arızası veya kaçak akım hatası olduğunda yanar; harici sistem (DCS/SCADA) için kuru kontak çıkışı da sağlanacaktır.

7.4 Pano genelinde "Ana Besleme Kaybı" rölesi bulunacak; herhangi bir fazın kaybolması veya ana devre kesicinin açılması hâlinde ortak bir alarm sinyali üretilecektir. Ayrıca panoda "Lamba Test" ve "Alarm Kabul (Acknowledge)" butonları konumlandırılacaktır.

7.5 Pano içinde; her bir devre çıkış klemensine ek olarak toplam çıkış uçlarının en az %20'si kadar yedek (spare) klemens bırakılacaktır.

7.6 Panonun iç havasının kondensasyon yapmasını önlemek için termostat kumandalı bir kabin ısıtıcısı (anti-condensation heater) bulunacaktır. Termostat ayar aralığı 5–30 °C olacaktır.

8.0 KONTROL PANOSU

8.1 PANO GÖVDESİ VE KORUMA SINIFI

- Pano gövdesi; dış mekân uygulamaları için 304 paslanmaz çelik, iç mekân uygulamaları için ise 1,2 mm kalınlığında DKP sacdan imal edilecektir.
- Boyalı yüzeyler elektrostatik toz boya ile RAL 7032 (açık gri) rengine boyanacak; iç yüzey beyaz olacaktır.
- Pano koruma sınıfı dış mekân için TS EN 60529'a göre en az IP65 olacaktır.
- Pano kapısı menteşeli, contalı, kilitli ve içeriden çift cidarlı olacaktır. Kapı iç yüzeyinde tek hat şeması saklanacak cep bulunacaktır.
- Pano ön yüzünde göstergeler, butonlar, anahtarlar ve sinyal lambaları ergonomik biçimde gruplandırılacaktır.

8.2 PANO İÇİ BİLEŞENLER

- Tüm şalter ve koruma röleleri Siemens, Schneider Electric, ABB veya Eaton (Klöckner-Moeller) marka olacaktır.
- Ana giriş: termik-manyetik kompakt şalter (MCCB), 380 V AC, 100 A, kesme kapasitesi ≥ 25 kA.
- Çıkış devreleri: her ısıtma devresi için ayrı miniyatür devre kesici (MCB) + 30 mA hassasiyetli kaçak akım koruma rölesi (RCD).
- Kontaktör: AC-1/AC-3 kategorisinde, 380 V, anma akımına en az %25 emniyet payı bırakılarak seçilecektir.
- Yardımcı devre koruması: gerekli durumlarda 6 A NH/silindirik tip sigortalar kullanılacaktır.

- Bara sistemi: 380 V AC, 3 faz + N, 100 A anma akımlı bakır bara; toplam yük dağılımının üzerinde en az %20 yedek kapasite bırakılacaktır.
- Klemensler: vidalı veya yaylı tip, en az 2,5 mm² kesite uygun; çıkış uçlarının en az %20'si yedek olarak ayrılacaktır.
- Pano içi kablolama renkli (faz: kahverengi/siyah/gri, nötr: mavi, koruma: yeşil-sarı), numaralanmış ve kanal içine alınmış olacaktır.

8.3 ETİKETLEME

Pano ön yüzünde ve içinde tüm bileşen, anahtar, lamba ve klemens; lazerle kazınmış veya gravür plaka etiketler ile etiketlenecektir. Etiket yüksekliği pano üzerinde en az 12 mm, pano içinde en az 6 mm olacaktır.

8.4 Bir Tek Hat Şeması (single-line diagram), pano kapısının iç yüzeyinde laminasyon altında bulunacaktır.

9.0 ISITICI KABLO TİPLERİ VE ÖZELLİKLERİ

9.1 GENEL GEREKSİNİMLER

- Tüm ısıtıcı kablolar TS EN IEC 60079-30-1 standardına göre tip onaylı; tehlikeli sahada kullanılacaklar ayrıca ATEX ve/veya IECEx sertifikalı olacaktır.
- Kablo dış kılıfı UV dayanımlı, halojensiz alev geciktirici (LSZH) ve mekanik darbeye dayanıklı malzemeden imal edilecektir.
- Metal koruma örgüsü (tinned copper braid) ile birlikte sürekli toprak yolu sağlanacak; bu örgü TS EN IEC 60079-30-1 uyarınca eş potansiyel topraklama amacıyla kullanılacaktır.
- Kablo etiketinde üretici, tip kodu, anma gücü (W/m), maksimum koruma sıcaklığı (Tmax), izin verilen güç verme sıcaklığı (Tswitch-on) ve sertifika numarası okunaklı şekilde bulunacaktır.
- Tek bir devrede yalnızca tek tip ve tek anma gücünde ısıtıcı kablo kullanılacaktır.

9.2 KENDİNDEN REGÜLELİ (SELF-REGULATING) KABLolar

Sıcaklık arttıkça polimer çekirdek direnci artarak güç çıkışını otomatik olarak azaltan paralel devreli kablolardır. "Sıcak nokta" oluşma riski olmadığı için boru üzerinde üst üste binebilen montajlara da uygundur.

Sıcaklık Aralığı	Sürekli Koruma Sıcaklığı	Maks. Maruz Kalma Sıc.	İletken Kesiti	Dış Kılıf
Düşük sıcaklık (LSR)	65 °C	85 °C	1,25 mm ²	Modifiye Poliolefin

Orta sıcaklık (MSR)	120 °C	190 °C	2,0 mm ²	Florapolimer
Yüksek sıcaklık (HSR)	150–215 °C	215 °C	2,0 mm ²	Florapolimer

9.3 SABİT GÜÇLÜ (CONSTANT WATTAGE) KABLolar

Birim uzunluk başına sabit güç sağlayan paralel veya seri devreli kablolardır. Yüksek koruma sıcaklığı gerektiren proses uygulamalarında, kendinden regüleli kabloların kapasitesinin yetersiz kaldığı durumlarda tercih edilir. Sıcak nokta oluşmaması için bu kablolar tek kat ve üst üste bindirilmeden monte edilecektir.

Sıcaklık Aralığı	Sürekli Koruma Sıc.	Maks. Maruz Kalma Sıc.	Dış Kılıf
Düşük sıcaklık (LCW)	120 °C	180 °C	Silikon kauçuk / FEP
Orta sıcaklık (MCW)	150 °C	200 °C	FEP
Yüksek sıcaklık (HCW)	180 °C	250 °C	PFA

9.4 MİNERAL İZOLELİ (MI) KABLolar

260 °C ve üzeri koruma sıcaklığı veya çok uzun devreler gerektiren özel uygulamalarda Inconel veya 316L paslanmaz çelik kılıflı seri direnç MI kablolar kullanılabilir. MI kablo seçimi, devre uzunluğu, anma akımı ve T-Sınıfı uygunluğu açısından üretici ile birlikte değerlendirilecek ve İşveren onayına sunulacaktır.

10.0 RTD SICAKLIK SENSÖRLERİ

- Sensör tipi: Platinyum Pt100, 100 Ω @ 0 °C, sınıf B veya daha iyi (TS EN IEC 60751).
- Bağlantı: 3 iletkenli, ekranlı ve teflon (PTFE) yalıtımlı RTD kablosu ile sıcaklık kontrolcüsüne bağlanacaktır.
- Sensör gövdesi: 316 paslanmaz çelik, Ø6 mm dış çap, L = 50 mm dalış uzunluğu.
- Sıcaklık ölçüm aralığı: -50 °C ile +200 °C arası (proses gereksinimine göre genişletilebilir).
- Patlayıcı sahada kullanılan RTD'ler ATEX/IECEx sertifikalı Ex e veya Ex ia tipi olacaktır.
- Her ısıtma devresi için en az bir adet RTD bulunacaktır. Uzun veya dağıtık devrelerde, bölge başına ek RTD kullanılarak en kritik (en soğuk) nokta ölçülecektir.
- RTD; boru veya ekipman dış yüzeyine, ısıtıcı kablo etkisinden ısı olarak izole edilmiş bir noktaya, paslanmaz çelik bant ile sabitlenecek; ısı yalıtımın iç tarafında kalacaktır.

11.0 ISI YALITIMI (İZOLASYON)

11.1 GENEL ESASLAR

Tüm ısıtma devreleri, üzerine ısı yalıtımı uygulanması koşulu ile çalıştırılır. Yalıtım uygulanmamış ısıtıcı kablo enerjilendirilmeyecektir. Yalıtım malzemesi, su emiciliği düşük, kimyasal olarak inert, halojen içermeyen ve servis sıcaklığına uygun olacaktır.

11.2 YALITIM MALZEMESİ SEÇİMİ

- Sıcak proses hatları ($T_{max} \leq 300$ °C): perlit/kalsiyum silikat veya taş yünü (mineral wool, BS EN 14303).
- Sıcak proses hatları ($T_{max} \leq 650$ °C): kalsiyum silikat veya seramik elyaf yatak.
- Donmaya karşı koruma ($T_{max} \leq 100$ °C): poliisosiyanürat (PIR) rijit köpük veya cam yünü (mineral wool).
- Soğuk koruma uygulamaları için kapalı hücreli elastomerik köpük (örn. EPDM) tercih edilebilir.

11.3 YALITIM KALINLIĞI

Yalıtım kalınlığı, TS EN ISO 12241 esaslarına göre hesaplanan ısı kaybı dikkate alınarak belirlenecektir. Tasarım hesabında -30 °C dış ortam sıcaklığı, 8 m/s rüzgâr hızı ve 0,9 yüzey emisivitesi kullanılacaktır. Minimum yalıtım kalınlıkları aşağıdaki tablodaki değerlerden az olamaz:

Boru Dış Çapı (DN)	Min. Kalınlık (Frost Protection)	Min. Kalınlık (Process Maintain)
\leq DN 50 (2 inç)	30 mm	50 mm
DN 65 – DN 150	40 mm	60 mm
DN 200 – DN 300	50 mm	75 mm
$>$ DN 300	60 mm	100 mm

11.4 YALITIM ÜST KAPLAMASI (CLADDING)

- Yalıtımın dış yüzeyi; dış mekânda alüminyum (en az 0,6 mm) veya paslanmaz çelik (en az 0,5 mm) sac kaplama ile kaplanacaktır.
- Yatay borularda sac örtüşmesi saat 12 yönünde olacak; tüm bindirme/eklemler en az 50 mm olacak ve havadan/sızdırmaz şekilde kapatılacaktır.
- Vanalar, flanşlar, pompa gövdeleri ve dirseklerde çıkarılabilir kapaklı yalıtım kullanılacak; bu kapaklar paslanmaz çelik klipsler ile sabitlenecektir.
- Yalıtım üzerinde, ısıtıcı kablo bulunduğunu gösteren TS 12174'e uygun "ELEKTRİKLİ ISI İZLEME — ENERJİ ALTINDA" uyarı etiketi en az 3 m aralıklarla yerleştirilecektir.

12.0 TASARIM HESAPLARI VE ÇİZİMLER

12.1 ISI KAYBI HESABI

Her boru/ekipman için ısı kaybı, TS EN ISO 12241 ve IEEE 515-2017'de tanımlı yöntemlerle hesaplanacaktır. Hesapta; tasarım dış sıcaklığı, rüzgâr hızı, yağmur faktörü, boru malzemesi, yalıtım iletkenliği ve cladding emisivitesi dikkate alınacaktır. Hesaplanan ısı kaybına en az %30 emniyet payı eklenerek ısıtıcı kablo gücü (W/m) belirlenecektir.

12.2 DEVRE TASARIMI

Her ısıtma devresi için aşağıdaki bilgiler tasarım dosyasında belgelenecektir:

- Boru hattı kodu, çapı, malzemesi ve uzunluğu,
- Korunacak proses sıcaklığı (maintain) ve tasarım dış sıcaklığı,
- Yalıtım tipi ve kalınlığı,
- Vana, flanş, pompa ve destek (support) sayıları ve bunlara karşılık gelen ek kablo uzunluğu (allowance),
- Seçilen ısıtıcı kablo tipi, anma gücü (W/m) ve toplam kablo uzunluğu,
- Devre kesici tipi ve anma akımı, kalkış akımı (in-rush) ve sürekli işletme akımı,
- Kablonun beslemesi için kullanılan güç kablosu kesiti ve maks. müsaade edilen gerilim düşümü (%5 sınırı).

12.3 ÇİZİM VE BELGE LİSTESİ

- Tek hat şeması (single-line diagram),
- Pano iç ve ön yüz yerleşim çizimleri,
- Pano klemens şeması ve kablo bağlantı listesi,
- Boru izometrik çizimleri üzerinde ısıtıcı kablo güzergâhı ve RTD konumları,
- Devre listesi (circuit schedule) ve yük tablosu,
- ATEX/IECEX sertifikalarının kopyaları.

13.0 ISITICI KABLO MONTAJI

13.1 GENEL MONTAJ ESASLARI

- Isıtıcı kablo, boru yüzeyine düz (spiralsız) olarak yerleştirilecektir. Ek güç ihtiyacı varsa, üretici tarafından yayımlanmış spiral faktörü tabloları kullanılarak çoklu kablo veya artırılmış kablo uzunluğu uygulanacaktır.

- Kablo boruya, en az 0,30 m aralıklarla cam elyaf takviyeli alüminyum bant veya üretici onaylı bantla sabitlenecektir. Plastik kelepçe veya bakır tel kullanılmayacaktır.
- Yatay borularda kablo saat 4 veya saat 8 konumunda monte edilecek; bu sayede yoğunlaşan suyun kablo üzerinde birikmesi önlenecektir.
- Boru dirseklerinde kablo, dirseğin dış yarıçapı (extrados) boyunca geçirilecektir.
- Vana, flanş ve pompa gibi ısı kaybı yüksek elemanlar üzerinde, üretici tabloları uyarınca ek kablo uzunluğu (heat sink allowance) bırakılacaktır.
- Isıtıcı kablunun minimum bükülme yarıçapı, üreticinin tanımladığı değerden küçük olamaz.

13.2 KLEMENS VE BAĞLANTI KUTULARI

Güç bağlantısı, bitiş (end seal) ve ek (splice) kitleri yalnızca üreticinin önerdiği ve aynı sertifika kapsamındaki orijinal aksesuarlar ile yapılacaktır. Tehlikeli sahada kullanılan tüm klemens ve bağlantı kutuları ATEX/IECEx sertifikalı, en az IP66 koruma sınıfında olacaktır.

13.3 MEKANİK KORUMA

Kablunun mekanik darbe alabileceği bölgelerde (yer seviyesinde geçişler, geçiş köprüleri vb.) galvanizli sac muhafaza veya konduit ile mekanik koruma sağlanacaktır.

14.0 KABLOLAMA, KONDUİT VE TOPRAKLAMA

14.1 KABLO TİPLERİ VE KESİTLERİ

- Kontrol ve sinyalizasyon kabloları: en az 1,5 mm², bakır iletkenli, 0,6/1 kV anma gerilimli, FR-PVC veya LSZH yalıtkanlı (TS HD 21).
- Güç beslemesi kabloları: en az 2,5 mm² (3 fazlı yüklerde 4×2,5 mm² + toprak), 0,6/1 kV, NYY veya N2XH (LSZH).
- RTD kabloları: 3 iletkenli, ekranlı, en az 0,5 mm² kalaylı bakır, FR-PVC veya teflon yalıtkanlı, 300 V anma gerilimi, 90 °C servis sıcaklığı.
- Patlayıcı saha içinden geçen kablolar düşük dumanlı, halojensiz (LSZH) ve alev geciktirici olacaktır (TS EN 60332-1-2).
- Tüm kablolar konduit, kablo kanalı veya tepsi (cable tray) içinde döşenecektir; gizli/serbest döşeme yapılmayacaktır.

14.2 TOPRAKLAMA

- Tüm metal pano gövdeleri, klemens kutuları, konduitler ve cladding bağımsız bir koruma topraklama (PE) iletkeni ile ana topraklama barasına bağlanacaktır.

- Koruma iletkeni rengi yeşil-sarı bantlı olacak; kesiti faz iletkeninin en az yarısı kadar ve hiçbir koşulda 4 mm^2 'den küçük olmayacaktır (TS HD 60364-5-54).
- Isıtıcı kablonun kalaylı bakır örgüsü, her devre giriş bağlantı kutusunda ana topraklamaya bağlanacaktır.
- Topraklama direnci ölçümleri Megger ile yapılacak; ana topraklama direnci 5Ω 'u, ekipman topraklaması ise 1Ω 'u geçmeyecektir.

15.0 ETİKETLEME VE İŞARETLEME

- Her ısıtma devresinin başlangıcında ve sonunda, devre kodunu (örn. EHT-101) ve W/m değerini gösteren kalıcı, çevresel etkilere dayanıklı etiket bulunacaktır.
- Her klemens kutusu üzerinde ATEX/IECEx işaretlemesi, koruma sınıfı (IP), gaz grubu, T-Sınıfı ve sertifika numarası okunaklı olacaktır.
- Pano üzerinde tehlike etiketi: "ELEKTRİKLİ ISI İZLEME — ENERJİ KESİLMEYEN KAPAĞINI AÇMAYINIZ" ifadesi kırmızı/sarı zemin üzerine yazılacaktır.
- Yalıtım üst kaplamasında, en az 3 m aralıklarla "ELEKTRİKLİ ISI İZLEME — ENERJİ ALTINDA" uyarı etiketleri bulunacaktır (TS 12174).
- Pano içinde her çıkış klemensi, kablo numarası ve devre numarası ile etiketlenecektir.

16.0 KONTROL, TEST VE DEVREYE ALMA

16.1 Saha testleri TS EN IEC 60079-30-2 ve IEEE 515-2017 esaslarına uygun olarak üç aşamada yapılacaktır:

AŞAMA 1 — MONTAJ ÖNCESİ (KABLO TAMBURUNDAN SÖKMEYEN ÖNCE)

- Görsel inceleme: kablo dış kılıfında kesik, çentik, ezilme veya UV hasarı kontrolü.
- İzolasyon direnci ölçümü: 500 ile 2.500 V DC arasında Megger ile, ısıtıcı çekirdek ile metal koruma örgüsü arasında en az $50 \text{ M}\Omega$.

AŞAMA 2 — BORUYA MONTAJ SONRASI, YALITIM ÖNCESİ

- Görsel inceleme: bant sabitlemesi, dirsek/vana/flanş montajı, klemens kutusu bağlantıları.
- İzolasyon direnci ölçümü: aynı şartlarda, en az $50 \text{ M}\Omega$.
- Devamlılık (continuity) testi: sabit güçlü ve MI kablolar için.

AŞAMA 3 — YALITIM VE CLADDING SONRASI, DEVREYE ALMA ÖNCESİ

- İzolasyon direnci ölçümü: aynı şartlarda, en az $50 \text{ M}\Omega$. Düşüş olması hâlinde devre devreye alınmayacaktır.

- Devre fonksiyon testi: enerjilendirme ile faz akımı, gerilim ve sıcaklık ölçümü.
- Sıcaklık kontrolcüsü ve alarm fonksiyonlarının testi (setpoint, HI/LO alarm, RTD kopma simülasyonu).
- Kaçak akım koruma rölesinin (RCD) test butonu ile fonksiyon kontrolü.

16.2 Tüm test sonuçları; tarih, ortam koşulları ve test eden personel bilgisi ile birlikte "Heat Tracing Test Raporu" formuna kaydedilecektir. Bu form devreye alma dosyasının ayrılmaz bir parçası olarak İşverene teslim edilecektir.

17.0 DOKÜMANTASYON VE TESLİM ŞARTLARI

Yüklenici aşağıdaki belgeleri imal-edildiği-gibi (as-built) durumunu yansıtır şekilde Türkçe ve İngilizce olarak (talep edilmesi hâlinde) tasarım onayında ve son kabulde İşverene teslim edecektir:

- Isı kaybı ve devre tasarım hesap raporları,
- Tek hat şeması, pano yerleşim ve klemens çizimleri (as-built),
- Boru izometrik çizimleri üzerinde ısıtıcı kablo güzergâhı ve RTD konumları (as-built),
- Malzeme listesi (Bill of Materials) — üretici, model, sertifika numarası bilgileri ile,
- ATEX/IECEX tip onay sertifikaları ve EU Uygunluk Beyanları,
- Üç aşamalı saha test raporları (Megger, fonksiyon testleri, devreye alma kayıtları),
- İşletme ve Bakım (O&M) el kitabı (Türkçe açıklamalı),
- Yedek parça önerileri ve garanti belgesi.

18.0 GARANTİ VE YEDEK PARÇA

18.1 GARANTİ

- Tüm malzeme ve işçilik, son kabul tarihinden itibaren en az 24 (yirmi dört) ay süre ile garantili olacaktır.
- Garanti süresi içinde fabrikasyon hatası veya tasarım uygunsuzluğundan kaynaklı arıza tespit edildiğinde, malzeme bedelsiz olarak değiştirilecek ve gerekli işçilik Yüklenici tarafından karşılanacaktır.
- Isıtıcı kablo üreticisinin verdiği uzun süreli (10 yıl ve üzeri) ürün garantisi de İşverene devredilecektir.

18.2 YEDEK PARÇA

Yüklenici, 2 yıllık işletme için aşağıdaki yedek parça setlerini sözleşme bedeline dahil olarak teslim edecektir:

- Her ısıtıcı kablo tipi için kullanılan toplam uzunluğun %10'u kadar yedek kablo,
- Her tip için en az 2 (iki) takım güç bağlantı / bitiş / ek kiti,
- Her tip RTD sensöründen 2 (iki) adet yedek,
- Sıcaklık kontrolcüsünden en az 1 (bir) adet yedek,
- Kullanılan her tip MCB, kontaktör ve RCD'den en az 1 (bir) adet yedek,
- Tüm sinyal lambaları ve butonların her birinden 2 (iki) adet yedek.

19.0 İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

- Tüm saha çalışmaları 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve bağlı mevzuata uygun olarak yürütülecektir.
- Tehlikeli saha içindeki tüm sıcak iş (kaynak, taşlama, vb.) faaliyetleri için ayrı izin (hot work permit) alınacaktır.
- Sahada çalışan tüm personelin ATEX/IECEx farkındalık eğitimi almış olması ve uygun kişisel koruyucu donanımı (KKD) kullanması zorunludur.
- Devreye alma sırasında enerjili çalışma yapılmayacak; testler için LOTO (Lock-Out / Tag-Out) prosedürü uygulanacaktır.
- Elektriksel çalışmalar TS HD 60364 serisi ve Elektrik Tesisleri Topraklamalar Yönetmeliği'ne uygun olarak yapılacaktır.

20.0 EKLER

Aşağıdaki belgeler bu şartnamenin ayrılmaz parçası olarak teklif dosyasına eklenecektir:

- Ek-1: Korunacak boru/ekipman listesi (boru kodu, çap, uzunluk, maintain sıcaklığı, saha sınıfı).
- Ek-2: Saha düzen (plot) planı ve tehlikeli saha (Ex) bölge sınıflandırma çizimi.
- Ek-3: Standart bağlantı detayları (klemens kutusu, RTD montajı, end seal).
- Ek-4: Test ve devreye alma form şablonları.
- Ek-5: Onaylı üretici listesi (Approved Vendor List).