

Sıcak Daldırma Galvaniz ile ZM (Magnelis Tipi) Kaplama Karşılaştırma Raporu

Arazi GES çelik konstrüksiyonlarında yöntem, kalite, tasarım, üretim, korozyon ve toplam maliyet etkileri karşılaştırılmıştır.

Rapor No	Rapor 5/5
Hazırlanma Tarihi	16.04.2026
Hazırlanan Kurum	ISOTEC Enerji için teknik değerlendirme çalışması
Kullanım Notu	Bu rapor; kullanıcı tarafından yüklenen standartlar, üretici yayınları, 3.1 sertifikalar ve 16.04.2026 tarihine kadar doğrulanan kamuya açık kaynaklar temel alınarak hazırlanmıştır.

Kritik terminoloji notu: "Magnelis" bir ticari markadır. Bu çalışmada teknik doğruluk için mümkün olduğunca genel ifade olarak "ZM (Zn-Al-Mg) kaplamalı çelik" kullanılmış; üreticiye özgü veriler ayrıca ayrıştırılmıştır.

Yönetici özeti

Tek bir kaplama yönteminin bütün GES parçaları için mutlak üstün olduğu söylenemez. Doğru çözüm; parça geometrisi, et kalınlığı, üretim yöntemi, toprak teması, kaynak yoğunluğu ve hedef ömre göre belirlenmelidir.

İnce cidarlı, roll-form, yüksek metrajlı sekonder taşıyıcılarda ZM kaplamalı yüksek dayanımlı çelikler; düşük kütle, yüksek taşıma / kütle oranı ve daha stabil tedarik zinciri avantajı sağlar.

Kalın, kaynaklı, karmaşık ve delik/kapalı hacim içeren ana taşıyıcılarda ise sonradan sıcak daldırma galvaniz; daha kalın, bütün yüzeyi kaplayan ve imalat sonrası uygulanan bir koruma olarak güçlü kalır.

ISOTEC için en doğru yol; hibrit stratejidir: ince cidarlı sekonder elemanlarda S420GD/S450GD + ZM430, ağır ve kaynaklı ana elemanlarda ise S355 + sonrası sıcak daldırma galvaniz.

1. Yöntemlerin temel farkı

Başlık	Sürekli ZM kaplama (EN 10346)	Sonradan sıcak daldırma galvaniz (TS EN ISO 1461)
Uygulama zamanı	Bobin / yassı mamul aşamasında	Parça imal edildikten sonra
Tipik kullanım	İnce cidarlı form profiller, seri üretim	Kaynaklı / ağır / karmaşık imalatlar
Normatif temel	EN 10346	TS EN ISO 1461
Üretim etkisi	Düşük distorsiyon, yüksek ölçü hassasiyeti	İmalat sonrası daldırma nedeniyle şekil ve akış tasarımı kritik
Kesit kenarları	Kendini koruyan film davranışı marka bağımlı	Kesim sonrası çıplak yüzey yok; tüm mamul sonrası kaplanır
İç boşluklar	Kaplama önceden var, kapalı kesit sonrası iç yüzey korunmaz	Doğru havalandırma/dranaj ile iç yüzeyler de kaplanabilir

2. Kaplama kalınlığı ve kütle karşılaştırması

EN 10346'de ZM310 ve ZM430 için tek yüz tipik kalınlık sırasıyla yaklaşık 24 µm ve 35 µm'dür. TS EN ISO 1461'de ise imal edilmiş çelik parçalarda minimum ortalama galvaniz kalınlığı parça et kalınlığına göre 45, 55, 70 veya 85 µm gibi daha yüksek seviyelere çıkar.

Şekil 1. ZM ve sonrası sıcak daldırma galvanizin tipik/standart kalınlık düzeyleri

Durum	Kalınlık varsayımı	Teorik toplam kaplama kütlesi (açık yassı iki yüz için)
ZM310	24-25 µm/side	0,31 kg/m ²
ZM430	35 µm/side	0,43 kg/m ²
ZM620	50 µm/side	0,62 kg/m ²
HDG – 55 µm/side eşdeğeri	≈55 µm/side	≈0,79 kg/m ²
HDG – 70 µm/side eşdeğeri	≈70 µm/side	≈1,01 kg/m ²
HDG – 85 µm/side eşdeğeri	≈85 µm/side	≈1,22 kg/m ²

Not: ZM değerleri bobin esaslı toplam iki yüz kütlesidir. HDG eşdeğerleri burada yalnız açık yassı iki yüz için teorik kıyas içindir; gerçek imal parçada kenarlar, delikler, iç yüzeyler ve geometri de kaplanacağından toplam çinko tüketimi değişebilir.

3. Taşıyıcı tasarım açısından yüksek dayanım etkisi

S355 yerine S420GD veya S450GD kullanıldığında, yalnız akma dayanımına göre teorik kesit alanı ihtiyacı azalır. Bu azalma, ince cidarlı GES profillerinde önemli tonaj ve lojistik avantajı yaratabilir.

Şekil 2. 100 ton S355 bazlı sistem için akma dayanımına göre teorik eşdeğer kütle karşılaştırması

Karşılaştırma	Hesap	Sonuç
S420GD yerine S355 baz	355 / 420	Eşdeğer kütle ≈ %84,5; teorik tasarruf ≈ %15,5
S450GD yerine S355 baz	355 / 450	Eşdeğer kütle ≈ %78,9; teorik tasarruf ≈ %21,1
Uyarı	Yerel burkulma, bağlantı, sehim ve imalat sınırları	Gerçek tasarruf çoğu projede bu teorik üst sınırın altında kalır

4. Korozyon performansı ve kullanım sınırları

Kriter	ZM kaplama	Sıcak daldırma galvaniz	Değerlendirme
Atmosferik korozyon	Üretici yayınlarında çok güçlü; özellikle kenar davranışı avantajlı	Kalın kaplama ile çok iyi; klasik ve yaygın kabul görmüş çözüm	Parça tipine göre değişir
Toprak teması	Magnelis için ZM430/ZM620 saha verileri var; diğer markalarda ayrıca sorulmalı	Toprakta uzun ömürlü uygulamalar için yaygın ve güvenilir	Marka/saha verisi belirleyici
Aşınma	Magnelis yayını daha yüksek sertlik ve iyi desert davranışı bildirir	Kalın ama daha yumuşak olabilir	Kum abrazyonlu sahada ZM güçlü aday
Kaynak sonrası	Kaplama yanar / tamir gerekir	Parça sonradan daldırıldığı için genelde daha avantajlı	Kaynaklı ana taşıyıcıda HDG daha pratik
Kesilmiş delikler/kenarlar	Kendini koruyan film avantajı	İmalat sonrası kaplandığı için sorun oluşmaz	İki yöntem de farklı mekanizma ile güçlüdür

EN 1090-2; ön kaplamalı ürünler kaynatılacaksa kaplama tamir yönteminin, HDG yüzeyler kaynakla hasar görürse çinko zengin tamir sisteminin önceden tanımlanmasını ister. TS 13891 ise PV arazi konstrüksiyonlarında demir esaslı ürünlerin ya EN ISO 1461'e göre sıcak daldırma ya da EN 10346'ya göre sürekli sıcak daldırma ile korunmasını kabul eder.

5. Üretim, lojistik ve kalite yönetimi açısından artı / eksi analizi

Başlık	ZM kaplama – avantaj	ZM kaplama – dezavantaj	HDG – avantaj	HDG – dezavantaj
Tedarik ve seri üretim	Bobin, roll-form, yüksek hız	Marka farkları performansı etkiler	İmalat sonrası tek sefer bütün kaplama	Ek proses ve sevkiyat ihtiyacı
Boyutsal hassasiyet	Yüksek	İnce kaplama hasara daha duyarlı olabilir	Kaplama çok sağlam	Daldırma kaynaklı distorsiyon riski
Kaynaklı imalat	Sınırlı; tamir şart	İşçilik artar	Daha doğal tercih	Vent/drain tasarımı şart
Kütle	Daha düşük kaplama kütlesi	Yüksek agresiflikte daha kalın sınıf gerekir	Kalın koruma	Tonaj artışı ve pota kapasitesi etkisi
Saha montajı	Hafif profil ile hızlı	Kesim / delik sonrası dikkat	Kalın ve sağlam yüzey	Ağır parça lojistiği

6. GES eleman bazlı en doğru seçim

Eleman tipi	Önerilen çözüm	Gerekçe
Aşık / C-Z-Sigma gibi ince cidarlı sekonder profiller	S420GD veya S450GD + ZM430	Yüksek dayanım + düşük tonaj + seri üretim avantajı
Ray ve hafif taşıyıcı alt elemanlar	ZM kaplamalı yüksek dayanımlı profil veya alüminyum	Hızlı montaj ve düşük ağırlık
Kaynaklı ana taşıyıcı, kalın taban plakası, karmaşık düğüm	S355 + sonrası sıcak daldırma galvaniz	İmalat sonrası tüm yüzeyin kaplanması daha güvenli
Toprağa çakılan ağır post / zeminle uzun süre temas	Proje ve saha verisine göre HDG veya marka özel ZM430/ZM620	Toprak verisi marka bağımlıdır
Paslanmaz / alüminyum ile temaslı ara yüzler	Her iki yöntemde de izolasyon ve galvanik çift kontrolü	Kaplama seçimi tek başına yetmez

7. Nihai karar

ISOTEC için tek ve en doğru yol hibrit stratejidir: ince cidarlı ve yüksek metrajlı sekonder elemanlarda EN 10346 sınıfında S420GD/S450GD + ZM430 standartlaştırılmalı; kalın, kaynaklı veya geometri olarak karmaşık ana elemanlarda ise S355 + TS EN ISO 1461'e göre sonrası sıcak daldırma galvaniz korunmalıdır. C5, toprak ve yüksek abrazyon için ZM620 veya tedarikçi eşdeğeri yalnız proje bazlı kanıtla kullanılmalıdır.

Kaynaklar

TS EN 10346:2015 – yapı çelikleri, ZM tanımı, kaplama kütlesi ve test rejimi.

TS EN ISO 1461:2022 – minimum galvaniz kalınlık / kütle kriterleri.

TS EN 1090-2:2018 – 10.4, 10.5 ve 10.9 maddeleri.

TS 13891:2019 – PV arazi konstrüksiyonlarında korozyon koruma yaklaşımı.

ArcelorMittal Magnelis® teknik yayınları – tasarım ömrü, abrazyon ve toprak davranışı bölümleri.

ISOTEC Ürün Kataloğu – ISOGROUND malzeme yapısı ve garanti bilgisi.