

# **ELEKTRİK ARK OCAĞI ÇELİKHANE CÜRUFUNUN KARAYOLU ESNEK ÜSTYAPI TABAKALARINDA KULLANIMININ VE KARIŞIM PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI**

## **DOKTORA TEZİ**

**Fatih YONAR**

**İstanbul Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü**

## **YTMK ÖZET**

Türkiye, dünyanın en büyük 8. çelik üreticisi konumundadır. Türkiye Çelik Üreticileri Derneği'nin son olarak 2015 yılında yayınladığı verilere göre ülkemizin yıllık ham çelik üretim kapasitesi 50,4 milyon tondur. Dünyadaki eğilimin tersine, ülkemizde üretilen ham çeliğin % 75,9'u, hurdanın hammadde olarak kullanıldığı elektrik ark ocaklı tesislerde üretilmektedir.

Elektrik ark ocaklı tesislerde, ocağa hammadde olarak yüklenen hurda, beraberinde demir haricindeki bileşenleri de üretime dahil etmektedir. Bu süreçte demirin, istenilen kalitedeki çeliğe dönüştürülebilmesi için saflaştırılması gerekmektedir. Saflaştırma işlemleri için ocaktaki eriyiğe, cüruf oluşturmak için dolomit ya da kireç ilave edilmektedir. Dolomit ya da kireç ile hurdadaki oksitli bileşenlerden oluşan cüruf ocaktan alınmaktadır. 1 ton sıvı ham çelik üretiminde ortalama % 12 ila 15 cüruf ortaya çıkmaktadır. Ülkemizin çelik kapasitesi ve elektrik ark ocaklı tesislerin üretimdeki payı dikkate alındığında; elektrik ark ocağı çelikhane cürufunun yıllık 5,1 milyon tonluk bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Fakat uluslararası literatürde yan ürün konumunda olan çelikhane cürufu, ülkemizde katı atık konumunda bertaraf edilmektedir.

Çelikhane cürufu, uluslararası uygulamalarda, sert yapısı ve yüksek içsel sürtünme açısı nedeniyle ağırlıklı olarak karayolu uygulamalarında tercih edilmektedir. Fakat ilk paragrafta belirtildiği üzere; dünyada genel eğilim demir cevherinden çeliğin üretimidir. Ayrıca ülkemizden farklı olarak; çelikhane cürufu, üreticiler tarafından işlenerek, fiziksel özellikleri iyileştirilmektedir. Ülkemizde söz konusu iyileştirmelerin yapılabilmesi büyük yatırımlar ve bunun yanı sıra tesis altyapısının tamamen değiştirilmesini gerektirmektedir.

Ülkemizde çelikhane cürufunun karayolu inşaatında kullanımına ilişkin farklı akademik çalışmalar yapılmıştır. Bu tez çalışmasında ulusal literatürden farklı olarak; karışımlarda % 100 çelikhane cürufunun kullanımı hedeflenmiş, yaşlandırma işlemi tüm tabakalar için koşul, metalik demirin ayrıştırılması ise bitümlü sıcak karışımlar için koşul olarak sunulmuş, yaşlandırma işleminin ve metalik demir içeriğinin etkileri değerlendirilmiş, çelikhane cürufunun yüksek birim hacim ağırlığı nedeniyle artan bağlayıcı oranını optimize etmek için ölçülen "teorik" birim hacim ağırlıklar esas alınmış ayrıca karışım sıcaklığı düşürülmüştür.

Çelikhane cürufu, Çolakoğlu Metalürji A. Ş.'nin Dilovası'ndaki tesislerinden, karşılaştırma amaçlı kullanılacak doğal agrega ise Ömerli-Alyans taşocağından temin edilmiştir. Yukarıda belirtilen hedefler kapsamında ilk olarak çelikhane cürufunun ve doğal agreganın bileşenleri, kimyasal analiz ve X-ışını kırınım yöntemi ile belirlenmiş ve bu bileşenlerin karayolu

uygulamalarında olumlu ve olumsuz etkileri değerlendirilmiştir. Fiziksel özellikler, Karayolu Teknik Şartnamesi 2013'te belirtilen deneyler esas alınarak her iki numune için de belirlenmiştir.

Çelikhane cürufunun ve doğal agreganın çevresel etkisi, eluat ve orijinal malzeme üzerinden, 26.03.2010 tarihli, 27533 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmış olan "Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik Ek-2" kapsamında test edilmiştir. Granüler tabaka tasarımları için Karayolu Teknik Şartnamesi 2013'teki ideal tane dağılımları esas alınmıştır. Her iki numune için de tüm granüler tabaka tiplerinde maksimum kuru birim hacim ağırlık, optimum su muhtevası ve California taşıma oranı değerleri belirlenmiştir. En kötü senaryoyu canlandırabilmek için en yüksek kuru birim hacim ağırlığa sahip olan çelikhane cürufu numunesi, Agregaların Hidratasyondan Potansiyel Genleşmesi Deneyi için seçilmiştir. Deney, ASTM D4792 standardı uyarınca gerçekleştirilmiştir.

Bitümlü sıcak karışım tasarımları için en uygun karışım sıcaklığı belirlenmiş ve Karayolu Teknik Şartnamesi 2013 doğrultusunda, ideal tane dağılımında, Marshall yöntemi ile aşınma, taş mastik asfalt, binder ve bitümlü temel karışımları üretilmiştir. Optimum bağlayıcı oranları, ölçülen "teorik" birim hacim ağırlıklar uyarınca belirlenmiştir. Performans deneylerine, karışımların sudan kaynaklanan bozulmalara dirençlerinin belirlenebilmesi için Lottman deneyi ile başlanmıştır. İkinci olarak tekerlek izinde oturma deneyi Hamburg yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Son olarak numunelerin yorulma ömürleri belirlenmiştir.