

A Comprehensive Study on Heat Balance Analyses in Grain Warehouses During the Winter Season: The Case of Konya Province

Elif Şahin Suci¹, Nuh Uğurlu¹

¹ Department of Agricultural Structures and Irrigation, Faculty of Agriculture, Selçuk University, Konya, Türkiye

Abstract

The storage of agricultural products such as grains, which are of strategic importance for food security and agricultural sustainability, has become an increasingly critical issue worldwide. In this context, preserving the quality of stored products with minimal loss is only possible by precisely controlling the environmental conditions within the warehouse. This study was conducted to reveal how vary depending the positive or negative flow conditions between heat losses caused by structural elements and ventilation, as well as the heat generated by the metabolic activities of the products, on the building materials used and the type of products in storage structures with different constructions during the winter season. As a result of material-based analyses, it has been determined that the thermal conductivity value of 2.62 kcal/m²h°C measured in steel warehouses is statistically significantly higher than the value of 1.69 kcal/m²h°C in reinforced concrete warehouses. Despite the higher minimum ventilation rate requirements in concrete silos (barley: 19, wheat: 24, corn: 74 m³·h⁻¹·ton⁻¹), steel silos (barley: 18, wheat: 23, corn: 73 m³·h⁻¹·ton⁻¹) exhibited higher ventilation efficiency for all products (34%, 22%, 8%). In contrast, the efficiency values in concrete silos (17%, 11%, 4%) remained relatively low. The heat balance analyses conducted during the winter months in different storage materials (concrete/steel) have clearly revealed product-based ventilation differences. These findings clearly demonstrate that when designing grain storage systems, not only structural factors but also parameters such as storage capacity, product type, the presence of ventilation systems, and the thermal conductivity levels of structural elements must be considered. It has been concluded that storing grains with a high respiration rate (such as corn) in steel warehouses, which provide higher ventilation performance, would be more suitable. The results of this study prove that the selection of materials used in storage structures plays a critical role in the energy efficiency of storage systems.

Key Words: Thermal conductivity, Heat balance, Ventilation efficiency, Concrete and steel warehouses, Grain storage.

Kış Mevsiminde Hububat Depolarında Isı Dengesi Analizleri Üzerine Kapsamlı Bir Araştırma: Konya İli Örneği

Özet

Gıda güvenliği ve tarımsal sürdürülebilirlik açısından stratejik öneme sahip olan hububat gibi tarımsal ürünlerin depolanması, dünyada giderek kritik bir konu haline gelmiştir. Bu bağlamda, depolanan ürünlerin kalitesinin minimum kayıpla korunabilmesi ancak depo içi çevre koşullarının hassas bir şekilde kontrol edilebilmesiyle mümkündür. Bu çalışma, farklı konstrüksiyona sahip depolama yapılarında, kış mevsimi boyunca yapı elemanları ve havalandırmadan kaynaklı ısı kayıpları ile ürünlerin metabolik faaliyetleri sonucu açığa çıkan ısı miktarları arasındaki pozitif ya da negatif yönlü akış koşullarının; kullanılan yapı malzemeleri ve ürün çeşidine göre nasıl değişkenlik gösterdiğini ortaya koymak amacıyla yürütülmüştür. Malzeme bazlı yapılan analizler sonucunda, çelik depolarda hesaplanan 2.62 kcal/m²h°C'lik ısı iletkenlik değerinin, betonarme depolardaki 1.69 kcal/m²h°C değerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. Beton silolardaki yüksek minimum havalandırma debi gereksinimlerine (arpa: 19, buğday: 24, mısır: 74 m³·h⁻¹·ton⁻¹) karşın, çelik silolar (arpa: 18, buğday: 23, mısır: 73 m³·h⁻¹·ton⁻¹) tüm ürünlerde daha yüksek havalandırma verimliliği (%34, %22, %8) sergilemiş, beton silolardaki verimlilik değerleri ise (%17, %11, %4) nispeten düşük seviyelerde kalmıştır. Farklı depo malzemelerinde (beton/çelik) kış aylarında yürütülen ısı dengesi analizleri, ürün bazlı havalandırma farklılıklarını net biçimde ortaya koymuştur. Bu bulgular, tahıl depolama sistemleri tasarlanırken sadece yapısal değil, aynı zamanda depolama kapasitesi, ürün çeşidi, havalandırma sistemlerinin varlığı ve yapı elemanlarının termal ısı iletim düzeyleri gibi parametrelerin de dikkate alınması gerektiğini açıkça göstermektedir. Özellikle yüksek solunum hızına sahip olan tahılların (örneğin mısır) yüksek havalandırma performansı sağlayan çelik depolarda depolanmasının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, depolama yapılarında kullanılacak malzeme seçiminin depolama sistemlerinin enerji verimliliği üzerinde kritik bir rol oynadığını kanıtlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Termal iletkenlik, Isı dengesi, Havalandırma verimliliği, Beton ve çelik depolar, Hububat depolama.

