

HAYVAN BARINAKLARINDA DOĞAL HAVALANDIRMA VERDİSİNİN BELİRLENMESİ İÇİN BİR BİLGİSAYAR PROGRAMI GELİŞTİRİLMESİ

Gürkan A. K. GÜRDİL K. Çağatay SELVİ Fuat LÜLE Elçin YEŞİLOĞLU
Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, SAMSUN

Geliş Tarihi: 14.07.2004

ÖZET: Herhangi bir hava hareketlendirici (Fan) kullanmadan yapılarıdaki kapı, pencere ve diğer açıklıklarla yapılan havalandırmaya doğal havalandırma adı verilir. Doğal havalandırma rüzgar ve sıcaklık farkına bağlı olarak gerçekleşir. Bunlardan rüzgar etkisiyle gerçekleşen havalandırmaya zorlanmış konveksiyon, sıcaklık farkı nedeniyle gerçekleşen havalandırmaya doğal konveksiyon etkili havalandırma adı verilir. Bu çalışmada, hayvan barınaklarında rüzgar ve hava sıcaklıkları farkı ile oluşan doğal havalandırma debilerini pratik olarak tespit etmeye yönelik bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğal havalandırma, hayvan barınağı, rüzgar, hava sıcaklığı, bilgisayar programı.

DEVELOPING A SOFTWARE FOR DETERMINATION OF NATURAL VENTILATION RATE IN ANIMAL HOUSES

ABSTRACT: The ventilation which is made with help of windows, doors and other air inlets and outlets without using an air mover such as fans is called natural ventilation. Natural ventilation depends on wind force and thermal buoyancy. The ventilation rate with wind force occurs by forced convection and the ventilation rate with thermal buoyancy occurs by natural convection effect. In this study, a computer program was developed for determining the natural ventilation rates in animal houses which is realized by wind and thermal buoyancy forces.

Key Words: Natural ventilation, animal house, wind, air temperature, computer program.

1. GİRİŞ

Rüzgar ve sıcaklık farkı gibi doğal kuvvetlerin etkisiyle gerçekleşen havalandırmaya, doğal havalandırma adı verilir. Doğal havalandırmada, mekanik havalandırmadan farklı olarak, hava akımı oluşturmak için herhangi bir mekanik enerji girdisine gerek duyulmaz ve ilk yatırım giderleri daha düşüktür. Havalandırma oranı iç ve dış ortam sıcaklık farkına, rüzgar hızı ve yönüne, yakın çevrede bulunan tepe, ağaç ve bina gibi engeller ile binadaki hava giriş çıkış açıklıklarının tasarımı ve yerleşimine bağlıdır.

Doğal havalandırmada yapı içerisindeki kirli havanın dış ortama atılması ve temiz havanın yapı içerisine alınmasında iki kuvvet etkilidir. Bunlar, rüzgar ve iç - dış ortam sıcaklık farkıdır. Yapılar için doğal havalandırma sistemleri tasarlanırken bu iki etmenin birlikte hareket edeceği bir düzenlemenin yapılması gerekir.

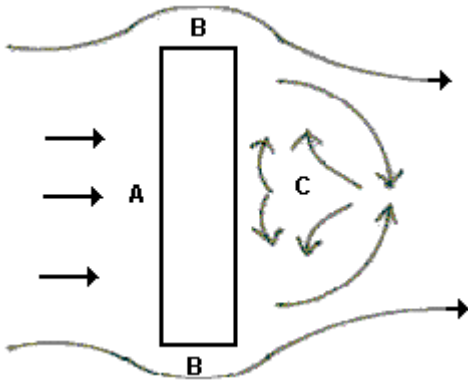
Elektrik enerjisi bulunmayan ve elektrik fiyatlarının yüksek olduğu bölgelerde, hayvan barınaklarının havalandırılmasında doğal havalandırma yaygın bir uygulama şeklidir. Özellikle ortam sıcaklığına karşı fazla duyarlı olmayan süt ve besi sığırcılığı yapılan işletmelerde doğal havalandırma daha çok tercih edilmektedir.

Hava şartlarının uygun olduğu bölgelerde, iyi tasarlanmış bir doğal havalandırma sistemi, geleneksel tekniklerle tasarlanmış mekanik havalandırma sistemlerinden daha kullanışlı

olabilir. Hayvan barınaklarında doğal havalandırma sistemlerinin projelendirilmesinde bilimsel yöntemler yaygın biçimde uygulanmamaktadır. Bu nedenle işletmelerin doğal havalandırmaya karşı ilgisi fazla değildir.

Rüzgar etkisinin çok az olduğu kışın soğuk dönemlerinde, doğal konveksiyon etkisiyle havalandırma işlevinin yerine getirilmesi için doğal havalandırma barınaklarda çatı eğiminin 14 dereceden az olmaması önerilir. Bu değerden daha küçük çatı eğimine sahip barınaklarda, barınak içerisinde ısınan havanın, çatının en yüksek kısmına (çatı mahyasına) yerleştirilen hava çıkış açıklıklarına yönelmesi ve dışarı çıkması zorlaşır. Bunun sonucu olarak da havalandırma etkinliği düşer. Çatının alt yüzeyinin düzgün olmaması havalandırma etkinliğini azaltan diğer bir etmenddir (Albright, 1990).

Ilıman iklim (ılık hava) koşullarında rüzgarın doğal havalandırmadaki etkisini arttırmak için, barınak yan duvarlarına yapılacak hava giriş açıklıklarının yeterince büyük olması gerekir (en az 1...1.5 m). Soğuk havalarda rüzgarın hayvanlar üzerinde yaratacağı olumsuz etkiyi (stresi) önlemek için, yan duvarlar üzerindeki hava giriş açıklıkları büyük oranda kapatılmalıdır. Soğuk iklim koşullarında saçak altına yakın bölgede bırakılacak 0,1...0,2 metre genişliğindeki hava giriş açıklıkları, gerekli taze havanın barınak



Şekil 2. Bina etrafında rüzgarın hareket çizgileri (plan görünüşü), akış yavaşlaması, pozitif basınç bölgesi (A) , akış hızlanması ve negatif basınç alanları (B, C) gösterilmiştir (Kic ve Brož, 1995).

Yapı üzerinde rüzgar etkisiyle oluşacak statik basıncın değeri, yapının geometrik şekli, yapıdaki çatlak ve açıklıkların direnci ve yapı yüzeyine etki eden rüzgarın yön ve hızına bağlı olarak değişir. Bilinen bir rüzgar hızında yapı üzerinde (yüzeyinde) oluşacak hız basıncı ise aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$P_v = \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 = 0,6 \cdot v^2 \quad (2)$$

Eşitlikte;

P_v : Hız basıncı (Pa),

ρ : Havanın hacim ağırlığı ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$),

v : Rüzgar hızı ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)'dir.

Doğal havalandırmada rüzgarın etkisi tahmin edilirken, yapının bulunduğu yerdeki ortalama rüzgar hızı, hakim rüzgar yönü, rüzgarın hız ve yönündeki mevsimsel ve günlük değişimler, rüzgarı etkileyebilecek çevrede bulunan yüksek bina, tepe, ağaç ve diğer etmenler dikkate alınır. Çünkü bu etmenler rüzgarın yapı üzerinde oluşturacağı basınç alanlarını değiştirebilme özelliğine sahiptir.

Rüzgar etkisini değiştirebilen yukarıdaki değişken etmenler nedeniyle rüzgara bağlı doğal havalandırma debisinin kesin biçimde belirlenmesi oldukça zordur. Ancak, rüzgar kuvvetlerin neden olduğu havalandırma oranının belirlenmesinde ampirik verilere dayanılarak geliştirilen aşağıdaki eşitlik önerilmektedir (Anonymous, 1983; Albright, 1990);

$$Q = EA v \dots\dots\dots(3)$$

Burada;

Q : Havalandırma debisi ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$),

A : Hava giriş açıklığının alanı (m^2),

v : Rüzgar hızı ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),

E : Havalandırma açıklıklarının etkinliğidir.

Havalandırma açıklıklarına dik esen rüzgarlar için $E=0,50 \dots\dots 0,60$ ve havalandırma açıklıklarına açılı esen rüzgarlar için $0,25$ ile $0,35$ değerleri önerilmektedir. Tarımsal yapılarda rüzgar nadiren havalandırma açıklıklarına dik yönde estiği kabul edilerek ($E=0,35$) değeri önerilmektedir (Anonymous, 1983; Albright, 1990).

Sıcaklık Farkına Dayalı Doğal Havalandırma

Yapı içerisindeki havanın sıcaklığı dış ortam sıcaklığından farklı olduğu zaman, yoğunluk farkına bağlı olarak yapı ile dış ortam arasında basınç gradyanları (eğim) oluşur. İç ortam sıcaklığı daha yüksek olduğunda yoğunluğu daha az olan iç ortam havası yapı içerisinde yukarı doğru yükselir. Bu yükselme, yapı içerisine giren dış ortam havasının kendi ağırlığına eşit bir kaldırma kuvvetiyle gerçekleşir. Bu olay baca veya yığın etkisi olarak tanımlanır. Dış ortam havası yapı içerisine girerken, yapı içerisinde yukarı doğru yükselen iç ortam havası hava çıkış açıklıklarından dış ortama taşınır. Yapılarda sıcaklık farkına dayalı havalandırma debisi, hava giriş çıkış açıklıkları arası düşey uzaklık ve basınç farkı ile doğru orantılıdır. İç ve dış ortam havası sıcaklık farkı nedeniyle yapı ile dış ortam arasında hareketlenen havanın hızı, ideal gaz yasalarından yararlanılarak geliştirilen aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir;

$$v = \theta \sqrt{2g\Delta h \frac{T_i - T_o}{T_i}} \quad (4)$$

Eşitlikte;

v : Hava çıkış açıklığından dış ortama atılan havanın hızı ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$),

θ : Açıklığın etkinliği,

g : Yerçekimi ivmesi ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$),

Δh : Hava giriş ve çıkış açıklıkları arasındaki düşey uzaklık (m),

T_i : İç ortam sıcaklığı (K),

T_o : Dış ortam sıcaklığı (K)'dir.

Açıklık etkinliği, barınağı terk eden havanın hava çıkış kanalı iç yüzeyine sürtünmesi ve hava çıkış kanalından geçerken soğumasına bağlı olarak hava hızında meydana gelen azalmanın dikkate alındığı bir katsayıdır. Barre ve Sammet adlı araştırmacılar bu faktör için ($\theta = 0,3 \dots\dots 0,5$) değerini önermişlerdir. Benzer şekilde, keskin kenarlı orifislerde (delik) açıklık etkinliği azalması için $0,65$ değerini önerilmektedir (Anonymous, 1993), ancak sürtünme kayıpları ile ilgili herhangi bir öneride bulunmamaktadır. Dış kısımları ısı transferine karşı yalıtılmış, kare, dikdörtgen ve daire kesitli geniş alanlı hava çıkışı

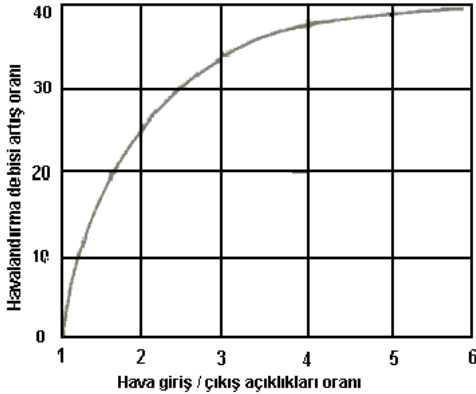
kanalları için ($\theta = 0,6...0,7$) değerlerinin alınabileceği bir çok araştırmacı tarafından ifade edilmektedir.

Yapıdaki hava giriş ya da çıkış açıklıklarından geçen havanın hızı bulunduğundan sonra bu değer açıklık alanı ile çarpılarak havalandırma debisi bulunur. Ancak hayvan barınaklarının havalandırılmasında havalandırma debisi, barınak için enerji ve madde denge eşitliklerinden yararlanılarak kolayca hesaplanabilir. Hesaplanan havalandırma debisinin sağlanabilmesi için gerekli hava giriş ve çıkış açıklık alanlarının hesaplanmasında aşağıdaki eşitliklerden yararlanır;

$$\left(\frac{Q}{A}\right)^2 = \theta^2 \cdot 2g\Delta h \frac{(T_i - T_o)}{T_i} \dots\dots(5)$$

$$A = \left(\frac{Q}{\theta}\right) \sqrt{\frac{T_i}{2g\Delta h(T_i - T_o)}} \dots\dots(6)$$

Hava giriş açıklıkları alanının, hava çıkış açıklıkları alanına eşit olması durumunda (6) nolu eşitlikle havalandırma debisi bulunur. Ters durumda (eşit olmaması durumunda) eşitlikle bulunan değer Şekil 3'de verilen grafikten yararlanılarak düzeltilmesi önerilmektedir.

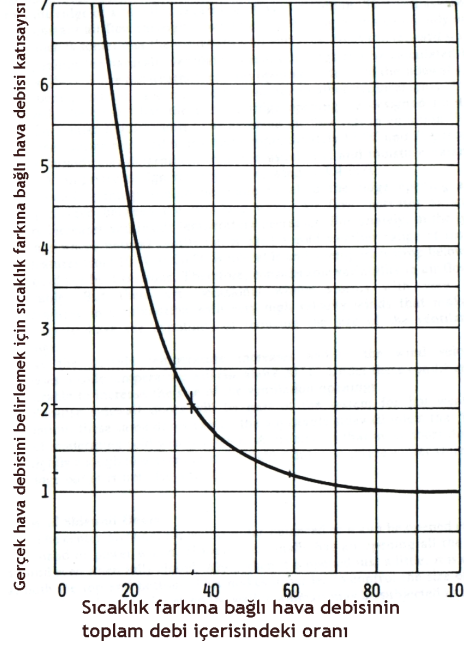


Şekil 3. Yapılarda hava çıkış alanı / giriş alanı arasındaki orana bağlı olarak havalandırma debisinin değişimi (Anonymous, 1983)

Doğal Havalandırmada Rüzgar ve Sıcaklık Farkının Birlikte Etkisi

Daha önce belirtildiği üzere yapılardaki doğal havalandırma, iç ve dış ortam sıcaklık farkı ile rüzgarın birlikte olan etkisine bağlıdır. Bazı koşullarda bunlardan birisi diğerine baskın olabilir. Her bir etmenin tek başına gerçekleştireceği havalandırma debisi değerlerinin toplamı, bunların birlikte gerçekleştireceği havalandırma debisine eşit

değildir. Bazı araştırmacılar bu iki etmenin birlikte etkisine dayalı havalandırma debisinin, her bir etmenin gerçekleştireceği havalandırma debileri toplamının kare köküne eşit olduğunu bildirmelerine karşın, geliştirilen bir grafikten (Şekil 4) yararlanılarak toplam havalandırma debisinin bulunabileceğini bildirilmiştir (Anonymous, 1993).



Şekil 4. Rüzgar ve sıcaklık farkının birlikte etkisine bağlı doğal havalandırma debisi (Anonymous, 1993)

Bu yöntemde her bir etmene bağlı olarak gerçekleşen havalandırma debileri yukarıdaki eşitliklerle bulunur. Daha sonra sıcaklık farkına bağlı havalandırma debisi rüzgar etkisine bağlı havalandırma debisine oranlanarak grafikten toplam havalandırma debisi bulunur. Her iki etmenin gerçekleştirdiği havalandırma debisi eşit olduğunda, toplam havalandırma debisi her bir etmenin gerçekleştireceği debiden % 30 daha yüksek olur.

Geliştirilen bu programda hava sıcaklığı farklarına bağlı doğal havalandırma debisi, iç ve dış ortam hava sıcaklığı ve bağıl nem değerlerinden elde edilen iç ve dış ortam hava yoğunlukları değerleri ve toplam statik basınç dengesi dikkate alınarak hesaplanmıştır (Gürdil ve ark., 2001).

$$M_v = \mu_i \cdot S_i \cdot \sqrt{2 \cdot p_i \cdot \rho_e} \dots\dots(7)$$

$$p = p_i + p_o \dots\dots(8)$$

$$\mu_i \cdot S_i \cdot \sqrt{2 \cdot (p - p_o) \cdot \rho_e} = \mu_o \cdot S_o \cdot \sqrt{2 \cdot p_o \cdot \rho_i} \dots\dots(9)$$

$$V_e = \frac{M_v}{\rho_e} \dots\dots\dots(10)$$

Eşitliklerde;

- M_v : Kütsel havalandırma debisi ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$)
 V_e : Hacimsel havalandırma debisi ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
 μ_i : Hava giriş açıklıkları için bir düzeltme katsayısı
 μ_o : Hava çıkış açıklıkları için bir düzeltme katsayısı
 S_i : Hava giriş açıklığı alanı (m^2)
 S_o : Hava çıkış açıklığı alanı (m^2)
 ρ_i : İç ortam havasının hacim ağırlığı ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
 ρ_e : Dış ortam havasının hacim ağırlığı ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
 p : Toplam statik basınç (Pa)
 p_i : İç ortam statik basıncı (Pa)
 p_o : Dış ortam statik basıncı (Pa)
 h : Hava giriş ve çıkış arasındaki yükseklik farkı (m)
 g : Yerçekimi ivmesi ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$)

Havanın sıcaklığı ve bağıl nem değerleri dikkate alınarak hava yoğunluğunun hesaplanması aşağıdaki eşitlikte verilmiştir (Wilhelm, 1976):

$$\ln(p_{ws}) = \frac{-7511.52}{T} + 89.63121 + 0.023998970T - 1.1654551 \times 10^{-5} T^2 - 1.2810336 \times 10^{-8} T^3 + 2.0998405 \times 10^{-11} T^4 - 12.150799 \ln(T) \dots\dots\dots(11)$$

$$W = 0.62198 \frac{P_w}{P - P_w} \dots\dots\dots(12)$$

$$P_w = \frac{P * W}{0.62198 + W} \dots\dots\dots(13)$$

$$v_h = \frac{R * T}{P} (1 + 1.6078W) \dots\dots\dots(14)$$

$$\rho = \frac{1}{v_h} \dots\dots\dots(15)$$

Eşitlikte;

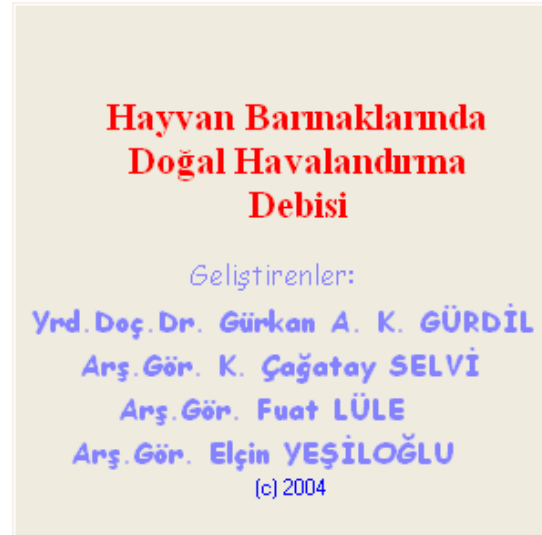
- p_{ws} : Su buharı doyma basıncı (kPa),
 p_w : Su buharı basıncı (kPa),

- W : Nem oranı,
 R : Gaz sabitesi ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
 T : Sıcaklık (K),
 P : Toplam (atmosfer) basınç (kPa),
 v_h : Özgül hacim ($\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$)
 ρ : Havanın hacim ağırlığı ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

3.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yukarıda bahsedilen eşitlikler yardımıyla, hayvan barınaklarında rüzgar ve hava sıcaklıkları farkı ile oluşan doğal havalandırma debilerini pratik olarak tespit etmeye yönelik bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu program MS Visual Basic 6.0 programlama dilinde yazılmıştır. Programın giriş sayfası aşağıda Şekil 5’de gösterildiği gibidir.

Giriş sayfasından sonra hayvan barınaklarında doğal havalandırma debilerini hesaplayan bir pencere açılmaktadır (Şekil 6). Bu sayfada kullanıcıya, iç ve dış ortam havası kuru termometre sıcaklıkları ile bağıl nem değerleri, barınaklarda bulunan hava giriş ve çıkış açıklığı alanları, hava giriş ve çıkışı arasındaki düşey mesafe, rüzgar hızı ve rüzgarın hayvan barınağına esiş yönü ile ilgili bilgiler sorulmaktadır. Bu bilgiler girildikten sonra (Şekil 7), “Hesapla” komutu ile program hayvan barınağında var olan toplam doğal havalandırma debisini hesaplamaktadır (Şekil 8).



Şekil 5. Programın giriş sayfası

The screenshot shows the 'Doğal Havalandırma Debisi' software interface. It features a blue title bar with the text 'Doğal Havalandırma Debisi' and standard window control buttons. The main area is a light beige color and contains several input fields and a radio button group. The input fields are arranged in two columns. The left column includes: 'Dış ortam kuru termometre sıcaklığı (°C)', 'Dış ortam bağıl nemi (%)', 'Hava giriş açıklığı alanı (m²)', 'Hava giriş ve çıkış açıklıkları arası düşey uzaklık (m)', and a radio button group for 'Rüzgarın Yönü' with options 'Hava açıklıklarına dik' and 'Hava açıklıklarına eğimli yönde'. The right column includes: 'İç ortam kuru termometre sıcaklığı (°C)', 'İç ortam bağıl nemi (%)', 'Hava çıkış açıklığı alanı (m²)', and 'Rüzgar hızı (m/s)'. At the bottom, there are two buttons: 'Hesapla' and 'Yeni'.

Şekil 6. Doğal havalandırma verisinin hesaplanması için gerekli veriler

The screenshot shows the same 'Doğal Havalandırma Debisi' software interface as in Şekil 6, but with numerical values entered into the input fields. The values are: 'Dış ortam kuru termometre sıcaklığı (°C)' is 30, 'İç ortam kuru termometre sıcaklığı (°C)' is 28, 'Dış ortam bağıl nemi (%)' is 35, 'İç ortam bağıl nemi (%)' is 55, 'Hava giriş açıklığı alanı (m²)' is 8, 'Hava çıkış açıklığı alanı (m²)' is 3, 'Hava giriş ve çıkış açıklıkları arası düşey uzaklık (m)' is 2.5, and 'Rüzgar hızı (m/s)' is 1.5. The 'Rüzgarın Yönü' radio button group has 'Hava açıklıklarına eğimli yönde' selected. The 'Hesapla' and 'Yeni' buttons are still visible at the bottom.

Şekil 7. Programa gerekli verilerin girilmesi

Doğal Havalandırma Debisi

Dış ortam kuru termometre sıcaklığı (°C) İç ortam kuru termometre sıcaklığı (°C)

Dış ortam bağıl nemi (%) İç ortam bağıl nemi (%)

Hava giriş açıklığı alanı (m²) Hava çıkış açıklığı alanı (m²)

Hava giriş ve çıkış açıklıkları arası düşey uzaklık (m) Rüzgar hızı (m/s)

Rüzgarın Yönü:
 Hava açıklıklarına dik
 Hava açıklıklarına eğimli yönde

Sıcaklık farkına bağlı havalandırma debisi

Dış ortam havasının yoğunluğu ρ_e (kg/m³) **1.14** İç ortam havasının yoğunluğu ρ_i (kg/m³) **1.14**

Dış ortam havasının mutlak nemi (g/kg) **9.25** İç ortam havasının mutlak nemi (g/kg) **13.02**

Toplam statik basınç (Pa) p **0.01** İç ortam statik basıncı (Pa) p_i **0** Dış ortam statik basıncı (Pa) p_o **0.01**

Havalandırma Debisi **0.35** **0.3**
kg/s m³/s

Rüzgar kuvvetine bağlı havalandırma debisi

Havalandırma Debisi **4.81** **4.19**
kg/s m³/s

Toplam

Toplam Doğal Havalandırma Debisi

5,17 **4,5**
kg/s m³/s

Şekil 8. Hayvan barınağında var olan toplam doğal havalandırma verdisi

4. KAYNAKLAR

- Albright, L. A. 1990. Environment Control for Animal and Plants. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Anonymous, 1983. Ventilation of Agricultural Structures (Edited: Mylo A. Hellickson and John N. Walker). ASAE Monograph, Number:6, St. Joseph, Michigan.
- Anonymous, 1993. Handbook of Fundamentals. American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioning Engineers, Inc. Atlanta.
- Gürdil G. A. K., Kıc P., Dağtekin M., Yıldız Y., 2001. Kümeslerde Havalandırma Kapasitesinin Belirlenmesi. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 16(3): 61-68 Adana – Türkiye ISSN: 1300-4700

- Kıc P., Brož V., 1995. Tvorba Stájového Prostředí (Generation of the Environment in Animal Houses). Institut výchovy a vzdělávání Mze ČR v Praze, ISBN 80-7105-106-3, p: 47.
- Wilhelm L. R., 1976. Numerical Calculation of Psychrometric Properties in SI Units. Trans. of ASAE, p:318-322.