

**EVAPORATİF SOĞUTMANIN
HAVANIN PSİKROMETRİK ÖZELLİKLERİNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**2015
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

Servet ESER

**EVAPORATİF SOĞUTMANIN
HAVANIN PSİKROMETRİK ÖZELLİKLERİNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Servet ESER

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Haziran 2015**

Servet ESER tarafından hazırlanan “EVAPORATİF SOĞUTMANIN HAVANIN PSİKROMETRİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. İlhan CEYLAN
Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 18 / 06 / 2015

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Mustafa AKTAŞ (GÜ)



Üye : Doç. Dr. İlhan CEYLAN (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Şafak ATAŞ (KBÜ)



...../...../2015

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

.....

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Servet ESER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

EVAPORATİF SOĞUTMANIN HAVANIN PSİKROMETRİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Servet ESER

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. İlhan CEYLAN

Haziran 2015, 74sayfa

Evaporatif soğutma genellikle kullanılan suyun çevre havasıyla teması geçmesi temelini oluşturur. Bu temas sırasında sıvı gaz yada buhar haline dönüşerek havadan ısı çeker. Teknik olarak bu ısı gizli ısı buharlaşmasıdır. Evaporatif soğutma pahalı olmamasından dolayı binaların soğutulmasında oldukça yaygın bir yöntemdir. Fakat bu tip soğutma için bol su gerekir. Düşük bağıl nemli bölgelerde oldukça etkili bir soğutma yöntemidir. Nem açısından konforun çok önemsenmediği ticari mutfaklar, çamaşırhaneler, seralar, kuru temizleyiciler, fabrikalar, spor salonları, atelyeler, garajlar vb. gibi binalarda kullanım alanına sahiptir.

Bu tez çalışmasında evaporatif soğutma sistemi tasarlanarak, deneysel analiz edilmiştir. Tasarlanan sistem psikrometrik olarak analiz edilmiştir. Havadan çekilen

duyulur ısı, havaya verilen gizli ısı, coolped etkinliği deneysel sistem için analiz edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Evaporatif soğutma, soğutucu petek.

Bilim Kodu :914.1.038

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

THE INVESTIGATION OF PSYCHOMETRIC PROPERTIES FOR EVAPORATIVE COOLING SYSTEM

Servet ESER

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Energy Systems Engineering

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. İlhan CEYLAN

June 2015, 74 pages

Evaporative cooling is based on a physical phenomenon in which evaporation of a liquid (usually water) into surrounding air cools an object or a liquid in contact with it. As the liquid turns to a gas, the phase change absorbs heat. Technically, this is called the “latent heat of evaporation”. Evaporative cooling is a very common form of cooling buildings because it is relatively inexpensive and requires less energy than many other forms of cooling. But, evaporative cooling requires an abundant water source, and is most effective in climates with low humidity. In moderate humidity locations there are many cost-effective uses for evaporative cooling, for example commercial kitchens, laundries, dry cleaners, greenhouses, loading docks, warehouses, factories, construction sites, athletic events, workshops, garages etc.

In this study, Evaporative cooling system was designed and experimental analyzed. Then, psychometric properties were investigated for evaporative cooling system. Taking sensible heat, latent heat gain and evaporative cooling efficiency analyzed for evaporative cooling system.

Keywords : Evaporative cooling, Coolpad.

ScienceCode :914.1.038

TEŞEKKÜR

Bu çalışmasının tüm aŐamalarında desteğini esirgemeyen danıŐmanım Doç. Dr. İlhan CEYLAN, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca ders aldığım bütün hocalarıma, tezin yapım aŐamasında yardımlarını esirgemeyen ArŐ. Gör. Mustafa AYDIN, Mahmut DOğAN ve Faruk ERGÜNER'e, bugünlere gelmemde maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| KABUL..... | ii |
| ÖZET..... | iv |
| ABSTRACT..... | vi |
| TEŞEKKÜR..... | viii |
| İÇİNDEKİLER | ix |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | xi |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xiii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ | xv |
| | |
| BÖLÜM 1 | 1 |
| GİRİŞ | 1 |
| 1.1. LİTERATÜR TARAMASI..... | 2 |
| | |
| BÖLÜM 2 | 10 |
| EVAPORATİF SERİNLETME | 10 |
| 2.1. EVAPORATİF SERİNLETME SİSTEMLERİ | 11 |
| 2.2. PEDLİ EVAPORATİF SERİNLETME SİSTEMLERİNİN YAPISAL ELEMENLARI..... | 14 |
| 2.2.1. Ped Malzemesi..... | 14 |
| 2.2.2. Ped Yüzey Alanı Ped Kalınlığı ve Yoğunluğu | 16 |
| 2.2.3. Hava Hızı..... | 16 |
| 2.2.4. Su Akış Debisi | 17 |
| 2.2.5. Su Deposu..... | 19 |
| 2.3. EVAPORATİF SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN KULLANIM ALANLARI | 20 |
| 2.4. EVAPORATİF SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN AVANTAJ VE SAKINCALARI..... | 20 |

| | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| BÖLÜM 3 | 23 |
| MATERYAL | 23 |
| | |
| BÖLÜM 4 | 25 |
| METOD | 25 |
| 4.1. EVAPORATİF SERİNLETME ETKİNLİĞİ HESABI..... | 29 |
| 4.2. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMESİ..... | 30 |
| | |
| BÖLÜM 5 | 50 |
| SONUÇ VE ÖNERİLER | 50 |
| | |
| KAYNAKLAR | 52 |
| | |
| EK AÇIKLAMALAR A.SİSTEME AİT BAZI İMALAT RESİMLERİ..... | 55 |
| EK AÇIKLAMALAR B. ÖLÇÜM DEĞERLERİ | 60 |
| | |
| ÖZGEÇMİŞ | 74 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Şekil 2.1. Evaporatif serinletme teorisi | 10 |
| Şekil 2.2. Pedli evaporatif serinletme teorisi | 11 |
| Şekil 2.3. Pedli evaporatif serinletme sistemlerinde hava hızına bağlı olarak serinletme etkinliği ve basınç düşmesi değerlerinin değişimi. | 13 |
| Şekil 2.4. Üretimi yapılmış selüloz kâğıttan yapılmış ped malzemesi | 15 |
| Şekil 2.5. Evaporatif soğutma kullanım alanları | 20 |
| Şekil 4.1. Deney düzeneğinin sistem tasarımı | 26 |
| Şekil 4.2. İmalatı yapılan deney düzeneği | 27 |
| Şekil 4.3. Sistemin ölçüm noktaları | 28 |
| Şekil 4.4. Kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nem kullanarak yaş | 30 |
| Şekil 4.5. Yapılan deneye ait sıcaklık – zaman grafiği (05.06.2014) | 31 |
| Şekil 4.6. Yapılan deneye ait sıcaklık – zaman grafiği (06.06.2014) | 31 |
| Şekil 4.7. Yapılan deneye ait sıcaklık – zaman grafiği (07.06.2014) | 32 |
| Şekil 4.8. Yapılan deneye ait sıcaklık – zaman grafiği (08.06.2014) | 32 |
| Şekil 4.9. Deneye ait pozitif ve negatif basınçların serinletme etkinliği | 33 |
| Şekil 4.10. Yapılan deneye ait mahal sıcaklığı, dış hava sıcaklığı | 35 |
| Şekil 4.11. Yapılan deneye ait mahal sıcaklığı, dış hava sıcaklığı | 35 |
| Şekil 4.12. Yapılan deneye ait mahal sıcaklığı, dış hava sıcaklığı | 36 |
| Şekil 4.13. Yapılan deneye ait sistem iç sıcaklığı, dış hava sıcaklığı | 37 |
| Şekil 4.14. Deneye ait sistem içi, dış hava ve ped çıkış sıcaklıkları – zaman grafiği | 38 |
| Şekil 4.15. Deneye ait sistem içi, dış hava ve ped çıkış sıcaklıkları – zaman grafiği | 39 |
| Şekil 4.16. Deneye ait toprağa atılan ısı miktarı – zaman grafiği | 40 |
| Şekil 4.17. Deneye ait havadan çekilen duyulur ısı – zaman grafiği | 41 |
| Şekil 4.18. Deneye ait havaya verilen gizli ısı – zaman grafiği | 42 |
| Şekil 4.19. Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma (1,3-1 m/s) | 43 |
| Şekil 4.20. Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma (2,3-2 m/s) | 44 |

| | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| Şekil 4.21.Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma (1-1,3 m/s) | 46 |
| Şekil 4.22.Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma (2-2,3 m/s) | 47 |
| Şekil EK A.1. Deney kasası genel görünüm | 56 |
| Şekil EK A.2. Sistem içi üfleme fanları | 56 |
| Şekil EK A.3. Depo suyu pompası | 57 |
| Şekil EK A.4. Pad malzemesi | 57 |
| Şekil EK A.5. Taze ve egzoz havası fanlar | 58 |
| Şekil EK A.6. Hava hızı ayarında kullanılan dimmer | 58 |
| Şekil EK A.7. Toprak altına gömülmüş olan kondenser ve silis kum | 59 |
| Şekil EK A.8. Toprak altına gömülmüş olan kondenser | 59 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Çizelge 2.1. Farklı pedler için önerilen hava hızı değerleri | 17 |
| Çizelge 2.2. Farklı tip pedler için önerilen su akış debileri. | 19 |
| Çizelge 3.1. Sisteme ait bazı özellikler | 23 |
| Çizelge 4.1. Deneilerde kullanılan ölçüm aletleri | 27 |
| Çizelge 4.2. Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma değerleri (1,3-1 m/s) | 45 |
| Çizelge 4.3. Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma değerleri(2,3-2 m/s) | 45 |
| Çizelge 4.4. Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma değerleri(1-1,3 m/s) | 48 |
| Çizelge 4.5. Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma değerleri(2-2,3 m/s) | 48 |
| Çizelge EK B.1. Yapılan 1,3 - 1 m/s pozitif basınç hava hızındaki ölçümler (5.06.2014) | 61 |
| Çizelge EK B.2. Yapılan 2,3 - 2 m/s pozitif basınç hava hızındaki ölçümler (06.06.2014) | 62 |
| Çizelge EK B.3. Yapılan 1 – 1,3 m/s negatif basınç hava hızındaki ölçümler (07.06.2014) | 63 |
| Çizelge EK B.4. Yapılan 2 – 2,3 m/s negatif basınçta hava hızındaki ölçümler (08.06.2014) | 64 |
| Çizelge EK B.5. Yapılan taze ve egzoz havası fanları çalışmıyor ve fan yüzeyleri kapalı iken ölçülen değerler (09.06.2014)..... | 65 |
| Çizelge EK B.6. Egzoz ve taze hava fanları kapalı (çalışmıyor) ve fan yüzeyleri kapalı iken serinletme etkinliği | 66 |
| Çizelge EK B.7. Pozitif ve negatif basınçtaki serinletme etkinlikleri..... | 67 |
| Çizelge EK B.8..Pozitif basınçtaki sistem içi, dış hava ve ped çıkış sıcaklıkları değişimi | 68 |

Sayfa

| | |
|---|----|
| Çizelge EK B.9. Negatif basınçtaki sistem içi, dış hava ve ped çıkış sıcaklıkları değişimi..... | 69 |
| Çizelge EK B.10. Toprağa atılan ısı değişimleri..... | 70 |
| Çizelge EK B.11. Havadan çekilen duyulur ısı değişimleri..... | 71 |
| Çizelge EK B.12. Havaya verilen gizli ısı değişimleri | 72 |
| Çizelge EK B.13. Pozitif ve Negatif basınç ölçümlerine göre entalpi değerleri..... | 73 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

- η : Serinletme etkinliği (%)
- T_{kd} : Ped girişinde havanın kuru termometre sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
- T_{ki} : Ped çıkışında havanın kuru termometre sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
- T_{yd} : Ped girişinde havanın yaş termometre sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
- v : Havanın hızı (m/s)
- T_1 : Toprağa giren suyun sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
- T_2 : Topraktan çıkan suyun sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
- T_3 : Pad çıkışı havanın kuru termometre sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
- T_4 : Sistem iç sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
- T_5 : Dış hava sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
- V_2 : Taze hava girişi sağlayan fanın hava hızı (m/s)
- V_3 : Egzoz havası sağlayan fanın hava hızı (m/s)
- RH : Sistem iç bağıl nemi (%)
- W : Watt
- V : Volt (Gerilim)
- A : Amper (Akım)
- \dot{m} : Kütleli debi (kg/s)
- \dot{Q}_D : Duyulur ısı
- \dot{Q}_G : Gizli ısı
- DIO : Duyulur ısı oranı
- $h_{2pç}$: 3 noktası entalpisi
- $h_{1pç}$: Ped giriş entalpisi
- T_{2pg} : Mahal sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]
- $T_{1pç}$: Ped çıkış sıcaklığı [$^{\circ}\text{C}$]

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Sıcak iklim bölgelerinde yaz aylarında sera, kümes, barınak gibi kapalı tarımsal üretim yapılarında ve mahallerde iç ortam sıcaklığı çok yüksek değerlere ulaşabilir. Bu durum üretimi yapılan canlılarda ve insanlarda ısıl konforsuzluğa neden olur. Buna bağlı olarak da, canlıların gelişmeleri ve sağlıkları olumsuz yönde etkilenir. Bu tür yapılarda üretimin daha avantajlı şekilde devam ettirilebilmesi için ortam sıcaklığının o canlılar için uygun olan değerlere indirgenmesi gerekir. Bu amaçla çeşitli uygulamalardan yapılabilmektedir.

Tarımsal üretim yapılarının hava hareketi olan yüksek ve çevresi açık yerlerde yapılması ve yapı içerisine güneş ışınlarının doğrudan girişinin önlenmesi için uygun gölgeliklerin oluşturulması ile canlılar ısıl konforsuzluktan bir anlamda korunur. Bu durum aralarında en basit olanıdır. Ancak, ortam sıcaklığının 30°C'nin üzerine çıkması durumunda uygulamadan istenilen verim sağlanamayabilir.

Çok sıcak iklim koşullarında iç ortam sıcaklığının o canlılar için uygun olan sınırlara çekilmesinde, diğer bir uygulama yöntemi serinletmedir. Serinletme; iç ortam havasının duyulur ısısının yapı dışına atılması (buhar sıkıştırımlı soğutma ile serinletme), ya da gizli ısıya dönüştürülmesi (Evaporatif serinletme) şeklinde olabilir.

Ekonomik olmayan bir teknoloji olan buhar sıkıştırımlı serinletme sistemlerinin, tarımsal üretim yapılarında kullanımı, günümüz koşullarında ekonomik açıdan uygun görülmemektedir. Kapalı tarımsal üretim yapılarında ortam sıcaklığının azaltılması amacıyla evaporatif serinletme sistemleri daha yaygın kullanılmaktadır. Havanın bağıl neminin düşük olduğu bölgelerde daha verimli çalışan evaporatif serinletme sistemlerinin, nemli bölgelerde de gün içerisinde hava sıcaklığının yüksek olduğu dönemlerde kullanılabileceği düşünülmektedir.

1.1.LİTERATÜR TARAMASI

Pedli evaporatif serinletme sistemleri ve bu sistemlerin tarımsal üretim alanlarındaki uygulamalarına ilişkin bazı çalışmalar aşağıda özetle belirtilmiştir.

Koca ve ark, ticari anlamda değişik özelliklerde evaporatif serinletme pedlerinin bulunduğu, ancak pedlerin serinletme etkinliği, statik basınç düşmesi gibi performans özellikleri konusunda yeterli bilgi olmadığını bildirmişlerdir. Performans özellikleri belirlenirken bir deneme düzeni geliştirilmiştir. Deneme düzeni oluşturulurken AirMovementand Control Association (AMCA) ve AmericanSociety of Heating, RefrigeratingandAir-ConditioningEngineers (ASHRAE) standartlarına uygun olarak düzenlenmiş fan deneme odasından yararlanmışlardır.

Çalışmada selüloz esaslı üç farklı pedin denemesi yapılmıştır. Bunlardan birisi 10 cm kalınlığında ve oluk açıları $45^{\circ} \times 45^{\circ}$, diğeri 15 cm kalınlığında ve oluk açıları $45^{\circ} \times 45^{\circ}$ ve sonuncusu 15 cm kalınlığında ve oluk açıları $30^{\circ} \times 30^{\circ}$ 'dir. Ele alınan pedlerde, havanın pedlerden geçiş hızına bağlı olarak meydana gelen basınç düşüşü ve serinletme etkinliği değerlerinin değişimi incelenmiştir. Yapılan denemeler sonucunda 0,5 ve 24 saat kullanılmış pedlerde yinelenerek, ped kullanım yaşına bağlı olarak hava akımında yaratılan basınç düşmesi ve serinletme etkinlik değerlerinin değişimi incelenmiştir. Deneme sonucunda ulaşılan bilgiler; Geliştirilen deneme düzeni, pedlerin serinletme etkinliği ve hava akımına karşı gösterdiği direnç değerlerinin belirlenmesinde yeterli olup, duyarlılık düzeyi yaklaşık %2,5'dir.

Oluk açısı $45^{\circ} \times 45^{\circ}$ olan pedlerde 1,5-2,5 m/s hava hızlarında ölçülen statik basınç düşmesi değerinin 17-77 Pa aralığında değiştiği, oluk açıları $30^{\circ} \times 30^{\circ}$ olan pedlerde, normal çalışma hızları için önerilen hava hızlarında statik basınç düşmesi değerinin 22-30 kPa arasında değiştiği görülmüştür.

Oluk açısı $45^{\circ} \times 45^{\circ}$ olan pedlerde, normal çalışma koşulları için önerilen hava koşullarında, serinletme etkinliğinin %73-90 arasında değiştiği görülmüştür. Oluk açısı $45^{\circ} \times 45^{\circ}$ olan ve 15 cm kalınlığındaki pedde hesaplanan serinletme etkinliğinin

30°x30° oluk açısında ve 15 cm kalınlığındaki pede kıyasla %3-10 daha büyük olduğu bulunmuştur.

Ped denemelerinde en uygun sonuçlar, dış ve iç ortam yaş termometre sıcaklık farkının 8,3°C ve daha büyük olduğu koşullarda elde edilmiştir. Ped önü ve arkasında hava sıcaklık ve bağıl nem ölçümlerine, sistem çalıştırıldıktan 5 dakika sonra başlanmıştır. Isı pede girişte havanın yaş ve kuru termometre sıcaklık değerleri, pede olabildiğince yakın bir noktadan yapılması gerektiğini belirtmiştir [1].

Genceli, uygulamada yer alan evaporatif serinletme sistemlerinin özellikleri ve kullanım alanları konusunda olan çalışmada, bu sistemlerin konfor iklimlendirilmesi yanında tekstil fabrikalarında, güç santralleri, dökümhane ve fırın gibi yüksek sıcaklıkta çalışan ortamlarda uygun koşullarının oluşturulmasında geniş uygulama alanı bulunduğu bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada, bu sistemlerinin yaş termometre sıcaklığının 24°C'nin altında, kuru termometre sıcaklığının 32°C'nin üstünde olduğu yerlerde başarılı biçimde kullanılabilirdiğini, doğru bir sistemin seçilebilmesi için ayrıntılı bir mühendislik çalışmasının yapılması gerektiği vurgulanmıştır [2].

Dağtekin ve Yıldız, Çukurova Bölgesinde kümes içi sıcaklık problemlerinin çözümüne yönelik alternatif serinletme yöntemleri konusunda yaptıkları bir çalışmada, kümes ortamının serinletilmesi amacıyla üç farklı yöntemi denemişlerdir. Bu yöntemlerden birisi toprak altında nemli bir bölgeye yerleştirilen kanallardan yapı içerisine serinletilmiş hava çekilmesi, diğeri yapı içerisine tarımsal uygulamalarında kullanılan döner diskli bir meme ile tavana yakın bir noktadan yapı içerisine ince damlacıklar şeklinde suyun püskürtüldüğü evaporatif serinletme ve sonuncusu da pedli evaporatif serinletmedir.

Araştırmalar çalışma sonucunda toprak altına yerleştirilen kanallardan kümes içerisine serin hava çekilmesi yönteminin, ortam sıcaklığının azaltılmasında yetersiz kaldığını, su püskürtmeli evaporatif serinletme sistemlerinde ise, hava bağıl neminin yüksek olduğu dönemlerde püskürtülen su damlacıklarının buharlaşmadan yere düşerek altlığın ıslanmasına neden olabildiğini, pedli evaporatif serinletme sistemi ile

kümes içerisine alınan dış ortam havasının sıcaklığında 5-10°C'lik düşmelerin sağlandığını bildirmişlerdir. Araştırmalar, su püskürtmeli evaporatif serinletme yönteminde olduğu gibi altlığın ıslatılma sorununun olmaması, kümes içerisine alınan dış ortam havası sıcaklığında küçümsenmeyecek düzeylerde düşmelerin sağlanması nedeniyle bölgedeki kümeslerin serinletilmesinde en uygun yöntemin pedli evaporatif serinletme yöntemi olduğunu bildirmişlerdir [3].

Simmons ve Lott, yaptıkları bir çalışmada pedli evaporatif serinletme sistemlerinde pedıslatma suyu sıcaklığının serinletme etkinliğine etkisini incelemişlerdir. Çalışma için 2,5m uzunluğunda ve enine kesiti 1,3x1,3 m olan bir kanalda yapılmıştır. Kontrplaktan yapılan kanalın bir ucuna 47 cm çapında ve 62,3 m³/dakika havalandırma debisinde bir aspiratör, diğer ucuna ise ped yerleştirilmiştir. Denemelerde 10,2 cm kalınlığında 0,9x0,9 m yüzey alanına sahip Munters firması tarafından yapıp pazarlanan ve CELdek olarak isimlendirilen selüloz esaslı bir ped kullanılmıştır. Deneme düzeni, ortam sıcaklığı termostat ile kontrol edilen bir ısıtıcı ile istenilen değerlerde tutabilen bir odaya yerleştirilmiştir.

Denemelerde üç farklı hava sıcaklığı (32°C, 35°C ve 38°C) ve 10°C – 50°C arasında değişen sekiz farklı su sıcaklığında (yaklaşık 5,5°C'lik artışlarla) yapılmıştır. Denemeler sırasında havanın pedden geçiş hızı 1,24m/s ve ped ıslatma suyu debisi 6,8L/dakika olarak sabit tutulmuştur.

Deneme sonuçlarına göre, her bir hava sıcaklığında pedıslatma suyu sıcaklığındaki artışa bağlı olarak serinletme etkinliğinin düştüğü, ped çıkışında ölçülen kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nem değerleri ile buharlaşan su miktarının arttığı belirlenmiştir. Ortalama değerler olarak su sıcaklığındaki her bir kademelik artışa (yaklaşık 5,5°C) bağlı olarak ped çıkışında havanın kuru termometre sıcaklığının 2,2°C, bağıl nemin %3,2 ve pedde buharlaşan su miktarının %73 oranında arttığı, buna karşın serinletme etkinliğinin %16 oranında düştüğü belirlenmiştir [4].

Dağtekin ve ark., tarafında Çukurova koşullarında pedlievaporatif serinletme sistemleri için en uygun ped materyalinin belirlenmesine yönelik yapılan bir çalışmada, en yüksek serinletme etkinliğinin selüloz esaslı ticari pedde elde edildiği,

ucuz ve kokuşmalara karşı dayanıklı olması nedeniyle fındikkabuğundan yapılan pedlerin de kullanılabilceğini bildirmişlerdir [5].

Bilge ve Bilge, kapalı ortamların soğutulmasında tüketilen enerjinin azaltılması bağlamında, iki farklı soğutma sistemini teorik olarak kıyaslamışlardır. Ankara yöresi iklim koşulları dikkate alınarak yapılan kıyaslamada, havanın direk ve indirek olmak üzere iki aşamada soğutulduğu bir kombine evaporatif soğutma sistemi ve klasik buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemi ele alınmıştır. Çalışma sonunda Ankara koşullarında direk/indirek evaporatif soğutma sisteminin soğutma etkinliği değerinin (COP=15,78), klasik soğutma sistemine kıyasla daha yüksek (COP=3,5) olduğu, dolayısıyla direk/indirek evaporatif soğutma sistemi ile önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanacağı, sistemin %100 taze hava ile çalışması ve ilk yatırım giderinin çok düşük olması nedeniyle araştırmacıların bu hususu dikkate almaları gerektiği bildirilmiştir.

Çalışmada ayrıca, evaporatif soğutma sistemlerinin soğutma etkinliği ve tüketilen enerji miktarının, dış ortam havasının yaş termometre sıcaklığına bağlı olduğu, bu değer artması durumunda sistemin soğutma etkinliğinin düşeceği ve tüketilen enerji miktarının artacağı, bu nedenle de sistem seçimi ve analizi yapılırken, bölgede dış ortam yaş termometre sıcaklık değerinin dikkate alınması gerektiği bildirilmiştir [6].

Yılmaz ve Büyükalaca, ABD ve AB ülkelerinde yaygın olarak kullanılan evaporatif serinletme sistemlerinin çevre kirliliği yapmaması, ilk yatırım ve işletme giderlerinin düşük olması, serinletilecek ortama sürekli taze havanın gönderilmesi gibi avantajları nedeniyle, bu sistemlerden en yüksek düzeyde yararlanılabilmesi için serinletilecek dış ortam havasının bağıl nem değerinin olabildiğince düşük olması gerektiğini hazırladıkları çalışmada bildirmişlerdir. Dış ortam hava bağıl nem değerinin yüksek olduğu koşullarda evaporatif serinletme işleminin uygulanabilmesi için öncelikle dış ortam havasının nem içeriğinin azaltılması gerektiği, bunun için değişik sıvı ve katı nem alıcılarının kullanıldığı konuların yer aldığı makalede Desesif-Evaporatif Serinletme (DES) olarak adlandırılan ve havanın nemi alındıktan sonra evaporatif serinletme işleminin uygulandığı bu sistemlerinin ülkemizde de yaygınlaşması

gerektiği vurgulanmıştır. Hava neminin alınmasında kullanılan katı ve sıvı nem alıcılarının özelliklerinin yer aldığı makalede, DES sistemlerinin çalışma özellikleri psikrometrik çizelgeler yardımıyla açıklanmıştır [7].

Uğurlu ve Kara, gerçekleştirdikleri bir çalışmada, ticari boyutta üretim yapılan bir kümesteki pedli evaporatif serinletme sistemlerinin bazı performans özellikleri belirlenmiştir. Taban alanı 7x1,7 m ve yan duvar yüksekliği 5,4 m olan kümesin uzun yan duvarı üzerinde, 12'şer adet ped bulunmaktadır. Pedler 120x180x10 cm boyutlarında olup, kimyasal katkılı selülozik malzemeden yapılmıştır. Kümesin kısa duvarları üzerinde ise her biri 40000 m³/h kapasiteli, 4'er adet fan bulunmaktadır. Temmuz-Ağustos aylarını kapsayan çalışmada pedlerden geçirilen dış ortam havasının sıcaklığında 4,2-16,2 °C arasında (ortalama 10,6°C) değişen düşmelerin sağlandığı, sistemin serinletme etkinliğinin ise %77-92 (ortalama %87,5) arasında değiştiği belirlenmiştir [8].

Cruz ve ark, yaptıkları çalışmada üç farklı ped materyalinin, farklı sıcaklık ve hava hızlarında serinletme etkinliklerini Evora/Portekiz'de değerlendirmişlerdir. Dört farklı sıcaklık aralığı ve 1,6 m/s, 3,2 m/s, 4,8 m/s ve 5,6m/s olmak üzere dört farklı hava hızında yapılan çalışmada, en yüksek serinletme etkinliğine (%80 ve üzeri) 3,2 m/s hava hızında ve 32-34 °C sıcaklık aralığında ulaşıldığı belirlenmiştir [9].

Yıldız ve ark, yaptıkları bir çalışmada, Çukurova Bölgesinde bir kümesinde pedli evaporatif serinletme sisteminin bazı performans özelliklerini iki farklı hava hızında incelemişlerdir. Ele alınan serinletme sisteminin kullanım yaşı 5 yıl olup, ped tipi çimento katkılıdır. Havanın pedlerden geçiş hızı olarak 1,28 m/s ve 1,41 m/s değerlerinin seçildiği çalışmada, havanın ped içerisinden geçiş hızının serinletme etkinliğine etkisi (P<0,05) güven aralığında önemli bulunmuştur. Çalışmada ayrıca her iki hava hızı için ortalama bir değer olarak serinletme etkinliğini %70, sağlanan en yüksek sıcaklık düşmesi 10°C olarak belirlenmiştir [10].

Kaydar ve Yıldız, Çukurova Bölgesinde evaporatif serinletme sistemi bulunan bir etlik piliç kümesinde, sistemin serinletme etkinliği ve pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme değerlerini incelemişlerdir. 15000 baş kapasiteli

kümeşte yürütölen çalışmada havanın pedden geçiş hızı 1,41 m/s olarak belirlenmiştir. Temmuz-Ağustos döneminde yapılan ölçüm sonuçlarına göre ortalama değerler olarak serinletme etkinliği %71,3; pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme 5,0°C ve pedi geçen havanın bağıl nem değerı (doyma düzeyi) %86 olarak belirlenmiştir [11].

Kocatürk ve Yıldız, yaptıkları bir çalışmada Çukurova Bölgesi koşullarında selüloz esaslı bir evaporatif serinletme pedinin farklı hava hızlarında bazı performans özellikleri belirlenmiştir. Çalışmada havanın pedden geçiş hızı olarak 0,5 m/s; 1,0 m/s ve 2,0 m/s değerleri seçilmiş olup pedislatma suyu akış debisi (4 L/dakika) sabit tutulmuştur. Haziran-Eylül dönemini kapsayan çalışmada serinletme etkinliği, yaratılan sıcaklık düşmesi ve buharlaştırılan su miktarları değerlerinin değerimini incelenmiştir. Çalışma sonunda, seçilen hava hızlarında ortalama değer olarak serinletme etkinliğinin % 77,00-83,71; sağlanan sıcaklık düşmesinin 5,59-6,71°C; ve buharlaştırılan su miktarının 0,078-0,210 L/dakika arasında değerini belirlemiştir [12].

z, yaptığı bir çalışmada, pedli evaporatif serinletme sistemlerinin Isparta yöresi seralarında kullanılabilirliğini irdelemiştir. Sıcak yörelerde sera iç ortam sıcaklığının 40°C'in üzerine çıkabildiği, bu düzeydeki sıcaklığın seralardaki bitki kalitesini ve çalışanların verimlerini azalttığı, bu durumun önlenmesi bağlamında pedli evaporatif serinletme sistemlerinin yaygın biçimde kullanıldığı bildirilen çalışmada, bu serinletme sistemleri ile Isparta koşullarında sera iç ortam sıcaklığının 10-12°C kadar azaltılabildiği belirlenmiştir [13].

Yıldız ve ark, Çukurova Bölgesinde pedli evaporatif serinletme sistemi bulunan bir etlik piliç kümesinde yaptıkları bir çalışmada, kümesin uzun eksenı boyunca hava sıcaklık değerinin değerimini incelemişlerdir. Çalışma, uzunluğu 70 m olan kmeşte yapılmıştır. Ölçümler pedlerin önünde, kümesin ortasında ve fanların önünde olmak üzere üç noktada yapılmıştır. Ağustos ve Eylül-2007 döneminde yapılan ölçüm sonucunda pedlerden geçirilen dış ortam havası sıcaklığında 12°C'ye varan ve ortalama 5,6°C'lik düşmelerin sağlandığı, kümesin içerisine çekilen havanın kümesin uzun eksen boyunca ilerleyerek dış ortama atılma noktasında sıcaklığında en fazla

2°C ve ortalama 1,5°C'lik artışların olduğunu, bu dönemdeki bir artışın tavukların gelişimleri üzerine olumsuz bir etkisinin olmayacağını bildirmişlerdir [14].

Dağtekin ve ark, Çukurova Bölgesindeki bir etlik piliç kümesinde yaptıkları çalışmada, kümeste yer alan pedli evaporatif serinletme sisteminin bazı performans özelliklerini incelemişlerdir. Temmuz ve Ağustos döneminde tamamlanan deneme sonucunda, bu süreci temsil edecek biçimde seçilen 18; 19; 25; 29 Temmuz ve 3 Ağustos günlerine ilişkin ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda bu günler için serinletme etkinliğini sırasıyla %69,2; %70,1; %69,4; %70,8 ve %72,0 olarak, pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme değerlerini ise 6,1°C; 7,3°C; 4,4°C; 5,0°C ve 5,9°C olarak hesaplamışlardır [15].

Dağtekin ve ark, yaptıkları bir çalışmada, selüloz esaslı bir evaporatif serinletme pedinde havanın pedden geçiş hızı ile serinletme etkinliği ve pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme arasındaki ilişkiyi ele almışlardır. Atölye koşullarında yapılan denemelerde, Munters firması tarafından üretilen ped (CELdek^R 7060-15) kullanılmıştır. Denemeler üç farklı hava hızında (0,5 m/s; 1,0 m/s ve 2,0 m/s) yapılmıştır. Ölçümler Haziran-Eylül arasında ve 6 dönemde tamamlanmıştır.

Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde II. dönem dışında hava hızı ile serinletme etkinliği arasındaki ilişki istatistiksel anlamda önemli ($p>0,01$) bulunmuştur. Hava hızı ile pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme arasındaki ilişki ise II. ve III. dönemler dışında istatistiksel anlamda önemli ($p>0,01$) bulunmuştur. En yüksek serinletme etkinliği ve sağlanan sıcaklık düşmesi değerlerine 0,5 m/s ve 1,0 m/s hava hızlarında ulaşıldığı bildirilen çalışmada, bölge koşullarında pedli evaporatif serinletme sistemleri için havanın pedden geçiş hızı olarak 0,5...1,0 m/s aralığındaki değerlerin seçilebileceği bildirilmiştir [16].

Erbil, yaptığı bir çalışmada, Antalya ilinde sıcaklığın yüksek olduğu Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında fan-ped sistemi yardımıyla sera içi sıcaklıkların bitkiler için önerilen düzeylere indirilmesine çalışılmıştır. Araştırmada kontrol serası ve fan-ped serinletmeli sera olarak iki tip seradan yararlanılmıştır. Araştırma boyunca kontrol serası iç ortam sıcaklığının 45°C'ye kadar çıktığı gözlenmiştir. Bu durum

bitki yetiştiriciliği bakımından çok yüksek bir sıcaklıktır. Sera iç sıcaklıklarının üretim için uygun olan değerlere indirilmesinde doğal havalandırmanın yetersiz kalması özel serinletme uygulamalarına başvurulmuştur. Serada doğal havalandırmayla ulaşılabilen değerlerden daha düşük iç ortam sıcaklığı istenildiğinden, seraya giren hava sıcaklığını azaltmak ve oransal nem değerini artırarak bitki su stresini önlemek için, nemlendirmeli serinletme sistemi kullanılmıştır. Özellikle Antalya gibi sıcak iklim bölgelerinde fan-ped sistemi ile iç ortam sıcaklığı 7 ile 14°C'ye kadar soğutulabileceği belirlenmiştir [17].

Dağtekin ve ark, yaptıkları bir çalışmada, selüloz esaslı bir Evaporatif serinletme pedinde (CELdek^R 7060-15), havanın pedden geçiş hızı ile serinletme etkinliği ve pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Atölye koşullarında yapılan denemeler 2 dönemde tamamlanmıştır. Havanın pedden geçiş hızı olarak birinci dönemde 0,5 m/s; 1,0 m/s ve 1,5 m/s değerleri, ikinci dönemde ise 0,75 m/s; 1,25 m/s ve 1,75 m/s değerleri seçilmiştir. Araştırmacılar çalışma sonucunda, seçilen hava hızlarında hava hızı ile serinletme etkinliği ve pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme arasında matematiksel bir ilişkinin kurulamadığını, ancak, havanın pedden geçiş hızı olarak 0,5 m/s ve 1,5 m/s arasındaki bir değer seçilebileceğini bildirmişlerdir [18].

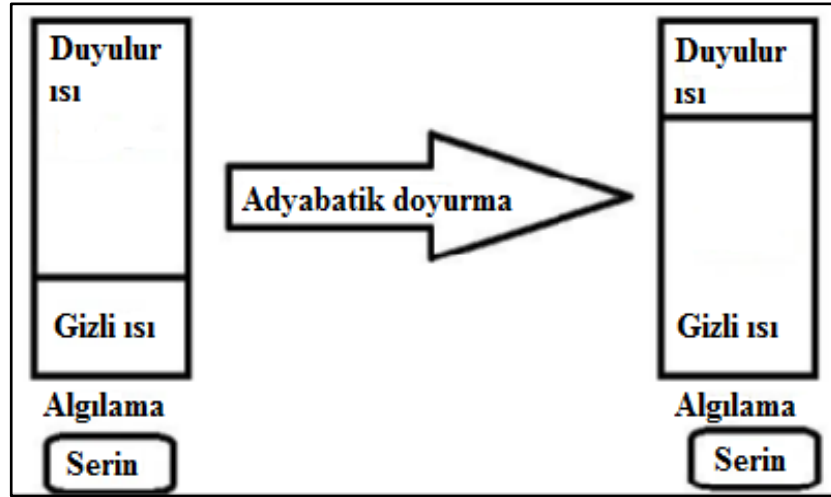
Literatür özetlerinde görüldüğü üzere, pedli evaporatif serinletme sistemleri konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda daha çok değişen hava hızı ve su akış debisi koşullarında sisteme ilişkin serinletme etkinliği ve pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme değerleri incelenmiştir.

Yapılan tez çalışmasında literatürden farklı olarak hava hızı kontrolü ile pozitif ve negatif basınç uygulamalarının mahal içinde oluşan nem ve sıcaklık kontrolü değişimleri psikrometrik olarak incelenmiştir.

BÖLÜM 2

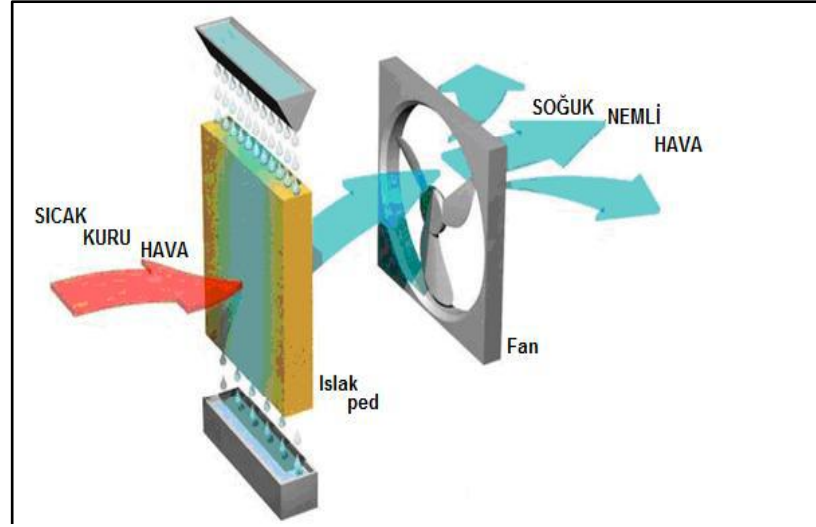
EVAPORATİF SERİNLETME

Isı transferine karşı yalıtılmış kapalı bir ortamdaki doymamış hava sistem olarak düşünüldüğünde bu doymamış hava içerisine küçük damlacıklar şeklinde su püskürtüldüğünde bu su damlacıkları buharlaşır. Buharlaşmaya bağlı olarak ortam havasının duyulur ısı suyun buharlaşmada gizli ısıya (buharlaşma gizli ısısına) dönüşür. Ortam havasının azalan duyulur ısı nedeniyle kuru termometre sıcaklığı düşer. Bu durum Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2. 1. Evaporatif serinletme teorisi.

İşlem sırasında sistem dış ortamla ısı alışverişinde bulunamayacağı için (yalıtıldığı için), sistemin toplam ısı değişmez. İşlem duyulur ısının gizli ısıya dönüştüğü basit bir adyabatik işlemdir (Şekil 2.2).



Şekil 2. 2. Pedli evaporatif serinletme teorisi.

2.1. EVAPORATİF SERİNLETME SİSTEMLERİ

Evaporatif serinletme sistemleri, fan/pedli ve su püskürtmeli olarak iki temel başlık altında toplanabilir. Su püskürtmeli sistemlerde, su küçük damlacıklar şeklinde serinletilecek ortama püskürtülür. Oluşturulan bu damlacıklar ortamda buharlaşır. Buharlaşma esnasında, havanın duyulur ısısı, suyun buharlaşmasında gizli ısıya dönüşür ve hava soğur.

Su püskürtmeli evaporatif serinletme sistemleri oluşturdukları damla çaplarına göre; dumanlama (VMD= 10-30 μm) arasında, sisleme (VMD= 30-100 μm) ve yağmurlama (VMD>100 μm) olarak isimlendirilir [19].

Dumanlama sistemleriyle oluşturulan damlacıkların çapı daha küçük olduğundan havada asılı kalma süresi daha fazladır. Bu nedenle de su damlacıkları yere düşmeye fırsat bulmadan buharlaşır. Dumanlama sistemi ortamın serinletilmesinde çok etkin olmasına karşın, sisleme sistemine kıyasla daha pahalıdır ve daha fazla bakım gerektirir. Dumanlama ve sisleme sistemleri, rüzgârlıya da hava hareketinin olduğu yerlerde başarılı sonuç vermez. Bu nedenle de kapalı ortamlarda kullanılması önerilir. Yağmurlama sisteminde, oluşturulan damla çapları daha büyüktür. Hava içerisine gönderilen (püskürtülen) bu büyük çaplı su damlaları buharlaşmadan yere düşer. Buharlaşma tam gerçekleşmediği için de ortam havası soğumaz. Ancak, elde edilecek

büyük çaplı damlalarla serinletilecek yüzeyler ıslatılır. Bu yüzeylerdeki suyun buharlaşmasıyla yüzey serinleme etkisi yaratılır. Ortam havasının hareketli olması koşuluyla hava içerisinde püskürtülen su damlacıklarında daha uzun süre yere düşmeden hava içerisinde askıda kalacağından sistemin etkinliği artar. Bu yüzden su püskürtmeli evaporatif serinletme sistemlerinde hava hareketlendirici fanların kullanılması önerilmektedir [20].

Evaporatif serinletme grubunda yer alan fan/pedli serinletme sistemleri, kümes ve sera gibi kapalı tarımsal üretim yapıları için önerilmektedir. Bu sistemde yer alan poroz yapılı pedler, yapının çatı veya duvarları üzerine yerleştirilir. Pedler üst taraflarındaki delikli borularla damlatılan su ile sürekli ıslak tutulur. Bazen pedler, belirli açılarla konumlandırılmış memelerden su püskürtülerek de ıslatılabilir.

Sistemin diğer elemanı olan fanlar ise, yapının kısa duvarlarına ya da ona bitişik uzun duvarlar üzerine yerleştirilir. Fanlarla (aspiratörler ile) yapı içerisindeki hava dış ortama atılırken, iç ortamda oluşan düşük basıncın etkisiyle sıcak dış ortam havası pedlerden geçerek yapı içerisine girer. Bu geçiş sırasında ıslak ped yüzeylerinden bir miktar suyu da buharlaştırarak yapı içerisine girer. Bu buharlaşmaya bağlı olarak havanın duyulur ısısı, gizli ısıya dönüşür ve hava soğumuş olarak yapı içerisine alınır [21].

Evaporatif serinletme sistemlerinin performansı, buharlaştırılan su miktarına bağlıdır. Buharlaştırılan su miktarı arttıkça, daha fazla sıcaklık düşmesi sağlanacağından sistemin performansında o düzeyde artar. Bu da büyük oranda soğutulmaya çalışılan havanın, bağıl nem düzeyine bağlıdır. Hava bağıl nem düzeyi azaldıkça daha fazla suyun buharlaştırılmasına olanak yaratılacağı için sistemin performansında o düzeyde artacaktır [22].

Evaporatif serinletme sistemlerinin performansının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik önerilmektedir. Ancak, su püskürtmeli evaporatif serinletme sistemlerinde eşitlikte yer alan sıcaklık değerlerinin ölçülmesi çok sağlıklı yapılamamaktadır. Bu nedenle bu eşitlik yalnızca pedli evaporatif serinletme sistemleri için önerilmektedir [23].

$$\eta = \left[\frac{T_{kd} - T_{ki}}{T_{kd} - T_{yd}} \right] \quad (2.1)$$

η : Serinletme etkinliği (%)

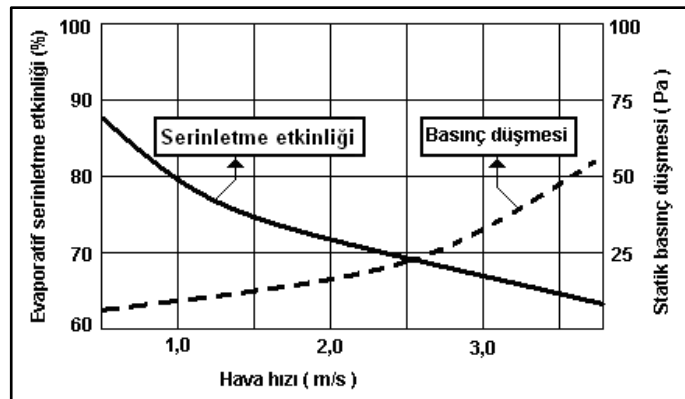
T_{kd} : Ped girişinde havanın kuru termometre sıcaklığı [°C]

T_{ki} : Ped çıkışında havanın kuru termometre sıcaklığı [°C]

T_{yd} : Ped girişinde havanın yaş termometre sıcaklığı [°C]

Yukarıdaki eşitlikte hesaplanan serinletme etkinliğinin değeri, pedin yapısal özellikleri yanında havanın ped içerisinden geişhızına, pedinıslatılma homojenliğine, fanlar yardımıyla yaratılan i ve dış ortam arasındaki statik basınç farkına ve pedinıslak bölgelerinden geçirilen hava miktarına bağlıdır [24].

Pedlerin, içerisinden geçirilen hava akımına karşıgsterdiği direnç minimum düzeyde olmalıdır. Bu direnç, pedlerin yapıml özellikleri ile birlikte havanın pedlerden geişhızına da bağlıdır. Havanın ped içerisinden geçiş hızı ile pedler tarafından yaratılan statik basınç düşüşü ve evaporatif serinletme etkinliği arasındaki ilişki Şekil 2.3'deki gibi Őematik olarak gösterilebilir [25].



Şekil 2.3. Pedli evaporatif serinletme sistemlerinde hava hızına bağlı olarak serinletme etkinliği ve basınç düşmesi değerlerinin değişimi [26].

Yapılan tez çalışmasında toprak-su ısı değiştiricisinde toprağa atılan ısı için;

$$\dot{Q} = \dot{m}_{su} \cdot c_{p_{su}} \cdot (T_{2g} - T_{1\check{c}}) \quad (2.2)$$

eşitliğinden faydalanılmıştır.

Evaporatif soğutma ile havadan çekilen duyulur ısı ve havaya verilen gizli ısılar için sırayla;

$$\dot{Q}_D = \dot{m}_{hava} \cdot c_{p_{hava}} \cdot (T_{2pg} - T_{1p\check{c}}) \quad (2.3)$$

$$\dot{Q}_G = \dot{m}_{hava} \cdot (h_{2p\check{c}} - h_{1p\check{c}}) \quad (2.4)$$

Evaporatif soğutma yolu ile elde edilen duyulur ısıtma oranı için aşağıdaki eşitlikten faydalanılmıştır.

$$DIO = \frac{\dot{Q}_D}{\dot{Q}_D + \dot{Q}_G} \quad (2.5)$$

Eşitliklerde kullanılacak olan su için kütlelel debi için $\dot{m} = 0,0576$ kg/s olarak belirlenmiştir. Havanın 1. durumu kütlelel debi için (1,3-1 m/s) 0,015494, 2. durum için (2,3-2 m/s) 0,02184655, 3. durum için (1-1,3 m/s) 0,015494 ve 4. durum için (2,3-2 m/s) 0,015494 belirlenmiştir.

2.2. PEDLİ EVAPORATİF SERİNLETME SİSTEMLERİNİN YAPISAL ELEMANLARI

2.2.1. Ped Malzemesi

Pedlerin yapımında ahşap, kâğıt, metal, mineral, cam ve son yıllarda plastik ve çimento gibi malzemeler kullanılmaktadır. Şekil2.4'de üretimi selüloz kâğıttan yapılmış ped malzemesi gösterilmiştir. Her ne kadar ahşap ve kâğıttan daha uzun ömürlü malzemeler bulunsa da, bunların çoğu suyun yüzey üzerinde

dağılımını kolaylaştıracak özellikte değildir. Bu tür yüzeylerde su damlaları dağılmadan aşağı doğru hareket eder, dolayısıyla istenilenden daha küçük bir ped yüzey alanını ıslatmış olur.



Şekil 2.4. Üretimi yapılmış selüloz kâğıttan yapılmış ped malzemesi.

Aspen (kavağa benzer ağaç) testere talaşına da yongası, ped yapımı için en uygun malzemeler olarak önerilmektedir. Ancak, çürümelere karşı diğer ped malzemelerine kıyasla daha dayanıklı olsalar da şekilsel bozulmaların meydana gelmesi önemli bir problemdir. Bu malzemelerden yapılan pedlerin sezon ortasında temiz su ile yıkanması (ped üzerinde biriken tozlardan arındırılması) ve pedlerin çökme olan yerlerinin onarılması ile pedlerin etkinliklerinin korunabileceği ve ömürlerinin uzatılabileceği bildirilmektedir.

Sert pedler, polivinil klorid (PVC), çürümeyi önleyen kimyasallar emdirilmiş kâğıt ya da çimento ile kaplanmış şeker kamışı, şeker pancarı, zeytin ve üzüm posası gibi organik atıklardan yapılırlar. PVC pedler, karşı akışlı ve çapraz akışlı düzenlemelerde yapılırken, kâğıt pedlerde çapraz akış tercih edilmektedir. Bu pedlerin kalınlıkları 10-30 cm arasında değişir. Birim yüzey alanına başına fiyatları, talaş ve yonga pedlere göre daha pahalıdır. Ancak, bu pedlerde daha yüksek havahızları uygulanarak daha yüksek serinletme etkinliği elde edilir. Dolayısıyla daha küçük ped yüzey alanından daha fazla sıcaklık düşmesi sağlanabildiği bildirilmektedir. Ayrıca bu pedler, her yıl değiştirilmesi önerilen aspen pedlere göre daha uzun ömürlüdür [27].

2.2.2. Ped Yüzey Alanı Ped Kalınlığı ve Yoğunluğu

Pedli evaporatif serinletme sistemlerinin tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli konu, ped yüzey alanının doğru biçimde seçilmesidir. Ped yüzey alanının küçük seçilmesi, havanın pedden geçiş hızını arttırır. Böylece hem serinletme sisteminin etkinliği azalır, hem de fanlar daha yüksek statik basınç farkıdeğerinde çalışacağı için, havalandırma debileri düşer.

Ped kalınlığının artması, içerisinden geçirilen havanın ped yüzeyi ile temas süresini arttırırken, pedin hava akımına karşı göstereceği direnci de arttırır. Bununla birlikte hava, pedin içinden geçerken buhar basıncı farkı (ped içerisinden geçen havanın buhar basıncı ile ıslak ped yüzeyinin buhar basıncı arasındaki fark) azalır. Buna bağlı olarak da ped yüzeyindeki suyun buharlaşma hızı azalır. Ped yoğunluğu arttıkça, ıslatma suyunun daha tekdüze dağılmasına sağlayan toplam porozite artar. Bu da pedin ıslatılması için gerekli olan su akış debisini ve pedin içinden geçen hava akımına göstereceği direnci arttırır.

Pedler düşey ve yatay olarak konumlandırılabilir. Düşey olarak konumlandırılan pedler zamanla ped malzemesinin aşağı katmanlara doğru birikerek ped yoğunluğu değişebilir. Bu durumda ped üzerinde havanın kolayca geçebileceği yarıklar ve delikler oluşur, böylece sistemin serinletme etkinliği düşer. Ped kalınlığı ve yoğunluğu uygun biçimde seçildiğinde istenen doyma etkinliğine dolayısıyla, tüketilen enerji başına en yüksek serinletme etkinliğine ulaşılabilir.

Pedler yatay olarak konumlandırıldığında kalınlık ve yoğunluklarının fazla önemi yoktur. Yatay tel ızgaralar üzerine ped malzemelerinin belirli bir kalınlıkta serilmesi yeterlidir.

2.2.3. Hava Hızı

Havanın pedden geçiş hızı, pedin farklı noktalarında değişir ve ölçülmesi de zordur. Havanın pede giriş / çıkış yaptığı yüzeylerinde hava hızının ölçülmesi daha kolaydır. Ped yüzeyi üzerinde havanın pede giriş çıkış yaptığı bölgelerde ölçülen bu hava hızı

değerleri, havanın pedden geçiş hızı olarak kabul edilir. Hava hızı, ped yüzey alanının hesaplanmasında kullanılan basit bir tasarım parametresidir. Tipik ped materyalleri için yapımcı kuruluşlarca önerilen hava hızı değerleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Hava hızı, hem hava akımının ped içerisinde izleyeceği yörüngeyi hem de ıslak yüzey ile temas süresini etkiler. Çok düşük hızlarda, hava akışı laminar karakterlidir. Bu tür bir akışta, nemli ped yüzeyi ile temas eden belirli kalınlıktaki çok az bir hava katmanı nem alma fırsatı yakalar. Hava hızı arttırıldığında laminar akım tabakaları kırılarak akım türbülans karakter kazanır. Böylece havanın ped yüzeyinden nem alma fırsatı artar. Diğer deyişle hava hızı arttıkça akımın karakteri türbülansa döner ve ped yüzeyinden buharlaşma hızı artar.

Çizelge 2. 1. Farklı pedler için önerilen hava hızı değerleri [28].

| Ped Tipi | Hava hızı (m/s) |
|---|------------------------|
| Düşey konumlu, 50...100 mm kalınlığında aspen fiber | 0,75 |
| Yatay konumlu, 50...100 mm kalınlığında aspen fiber | 1,00 |
| 100 mm kalınlığında oluklu selüloz | 1,25 |
| 150 mm kalınlığında oluklu selüloz | 1,75 |

Hava hızıyüksek olduğunda ($v > 1,5$ m/s) ıslak ped yüzeyi üzerindeki buharlaşmayan suyun, hava yardımıile iç ortama taşınacağıda göz önünde bulundurulmalıdır.

2.2.4. Su Akış Debisi

Belirli kapasitedeki bir serinletme sistemi için doyma etkinliği, serinletilen havanın özelliklerindeki değişime bağlıolarak yaklaşık sabit kalır. Buna rağmen, son derece sıcak ve kurak iklim koşullarında, ped içerisinden geçen havanın peddeki suyu buharlaştırma hızı, su sirkülasyon sisteminin pedıslatmak için taşıdığısudan daha fazla olduğu durumlarda sistemin doyma etkinliği değişebilir. Bu sebeple, su sirkülasyon sisteminin pedıslatmak için su akışdebisi belirlenirken o bölgedeki en ekstrem durumlar dikkate alınır.

Ped yüzeyindeki suyun sirkülasyon debisi, doyma seviyesinden daha az ise sistemin serinletme etkinliği hızla azalır. Böylece, pedıslatma suyu akışdebisinin az olmasından dolayı ped yüzeyinde suyun tamamı buharlaşır. Sirkülasyon suyu içerisindeki mineral maddeler ped üzerinde birikerek tıkanmalara neden olur. Diğer bir deyişle, pedıslatma suyu akışdebisinin çok düşük olması, suyun içerisindeki mineral maddelerin ped yüzeyindeki birikmesine neden olur. Bu durum da sonraki zamanlarda sistemin etkinliğinin büyük ölçüde azalmasına neden olur.

Pedler üzerinde su akışının fazla olması durumunda ped yüzeyindeki dalgalı yapısı ile kaplanarak düz bir şekil alır. Bunun bir sonucu olarak da toplam ped yüzey alanını azaltır. Ayrıca, birbirlerine yakın ped gözeneklerinin olduğu yerlerde (küçük delikli pedlerde) ıslatma suyu gözenekler arasında köprüler oluşturarak hava ile temas eden ped yüzey alanını azaltır. Ped yüzey alanının azalması hem sistemin etkinliğinin azalmasına hem de toplam soğutma kapasitesinin düşmesine neden olur.

Fazla su akışdebisinin bu sakıncalarına karşı, özellikle yatay konumlu pedlerde, bir anlamda yıkama işini gerçekleştirerek, pedlerin toz, tuz ve diğer mineral çökeltileri ile tıkanmalarını önlemek gibi bir yararda bulunmaktadır. Pratik amaçlar için kurak ve nemli bölgelerde uygulanabilecek su akışdebileri Çizelge 2.2`de verilmiştir.

Çizelge 2. 2. Farklı tip pedleri için önerilen su akış debileri [29].

| Ped Tipi | En Düşük Su Akış Debisi (L/min-m) | En Düşük Su Deposu Kapasitesi (L/m²) |
|--|--|--|
| 50...100 mm kalınlığında aspen fiber | 4 | 20 |
| 50...100 mm kalınlığında aspen fiber (Kurak iklim koşulları için) | 5 | 20 |
| 100 mm kalınlığında oluklu selüloz | 6 | 30 |
| 150 mm kalınlığında oluklu selüloz | 10 | 40 |

2.2.5. Su Deposu

Selüloz esaslı bir evaporatif serinletme sistemlerinde suyun dikkatli kullanılması ve çalışma süresince pedlerin ıslak tutulması bağlamında serinletme sistemlerinde bir su deposuna gerek duyulmaktadır. Kullanılacak deponun hacmi, pompanın özellikleri, ped tipi ve su debisine bağlıdır. Bununla birlikte farklı tipteki pedler için önerilen su deposu kapasiteleri Çizelge 2.2`de verilmiştir.

Pompa aracılığıyla pedler üzerine gönderilen suyun fazla olan kısmı, buharlaşmadan pedlerin alt tarafındaki depoda toplanır. Bu fazla su, ped yüzeyinden aşağı doğru akarken buharlaşmaya bağlı olarak suyun içerisindeki mineral maddelerin ped üzerine birikmeden depoya taşınmasını sağlar. Fazla su debisi, kullanılan suyun mineral madde içeriğine bağlıdır. Depoda biriken suyun mineral madde içeriği, çalışma süresine bağlı olarak artış gösterir. Depoların uzun süre temizlenmemesi durumunda sirkülasyon suyundaki mineral madde konsantrasyonu istenmeyen düzeye ulaşır. Bu durum, sistemin serinletme etkinliğini ve ömrünü olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle, pedlerin ıslatılmasında kullanılan suyun sertlik düzeyi de dikkate alınarak deponun belirli aralıklarda temizlenmesi gerekir.

2.3. EVAPORATİF SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN KULLANIM ALANLARI

Özellikle konut iklimlendirme sistemlerinde kullanımı gittikçe artmakla beraber, nemli havaya ihtiyaç duyulan tekstil atölyeleri ve fabrikaları ile dökümhane tesisleri, mekanik atölyeler, boyahaneler, kimya sanayi, plastik sanayi, içecek sanayi gibi endüstriyel uygulamalarda da kullanım imkânı mevcuttur. Yine bir diğer önemli kullanım alanı hayvan çiftlikleri, barınakları, kümesler ve seracılıktan oluşur (Şekil 2.5).



Şekil 2. 5. Evaporatif soğutma kullanım alanları.

Bunlardan başka özellikle son yıllarda klasik iklimlendirme sistemlerinin sıklıkla kullanıldığı toplantı ve düğün salonları, okullar, kışlalar, yemekhaneler ve lokantalar, pansiyon ve oteller, çamaşırhaneler, spor tesisleri, bankalar, mağazalar ve alışveriş merkezleri gibi alanlarda da klasik iklimlendirme sistemlerini destekleyici bir sistem olarak kendisine yeni kullanım alanları bulmuştur [30].

2.4. EVAPORATİF SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN AVANTAJ VE SAKINCALARI

Evaporatif soğutma sistemlerinin, mekanik buhar sıkıştırmalı soğutma sistemleri ve diğer klasik iklimlendirme sistemleri ile karşılaştırıldığında bazı avantajlara sahip olduğu, bunun yanında diğer her sistemde olduğu gibi de birtakım sakıncalara sahip olduğu görülür. Şöyle ki:

- Mekanik buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemlerine göre belki de en önemli avantajları bu sistemlerde tüketilen gücün ve elektrik enerjisinin mekanik buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemlerinde tüketilen güç ve elektriğin % 50'sine denk gelmesidir. Hatta uygun iklimsel şartlarda ve optimum çalışma durumunda bu oran % 25'e kadar düşmektedir. Bu bakımdan işletme giderlerini önemli ölçüde düşürür ve enerji tasarrufu sağlar.
- Güneş enerjili sistemlerle çalışabilme potansiyeli çok daha yüksektir.
- %100 taze havanın değerlendirilebilmesi bakımından iç ortam kalitesinin önemli olduğu durumlardaki basit uygulamalarda soğutma kalitesinde önemli bir düşüşe yol açmadan iyi bir seçenek sunabilir.
- İlk yatırım maliyeti ve işletme giderleri mekanik buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemlerine göre genellikle daha düşüktür.
- Mekanik buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemlerinin aksine evaporatif sistemler soğutucu akışkanlarla çalışmadığından tam anlamıyla çevre dostudur.
- Evaporatif sistemlerin kurulumu genellikle daha basit olup, benzer şekilde sistemler hacim olarak da daha az yer kaplar.
- Kurak iklimlerde belirli bir seviyede bağıl neme ihtiyaç duyulacağından üfleme havasının belirli bir nem seviyesinde muhafaza edilmesinde mekanik buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemlerine göre daha başarılıdır.
- Klasik iklimlendirme sistemlerinin birçoğunda maksimum soğutma etkinliğinin sağlanması için genellikle kapı ve pencere gibi açıklıkların mutlaka kapalı olması gerekmektedir. Oysa evaporatif soğutma sistemlerinde böyle bir zorunluluk bulunmaz.
- Evaporatif soğutma sistemleri etkin bir soğutma için genellikle klasik iklimlendirme sistemlerine kıyasla daha yüksek taze hava miktarına ihtiyaç duyar. Eğer sistemlere belirli oranda taze hava girişi olmazsa öncelikle sistemlerin soğutma

etkinlik katsayısı düşer, uzun vadede de sistemler çalışmayı tamamen durdurur. Bu nedenle hava sirkülasyonunun fazla olduğu binalarda evaporatif soğutma sistemlerinin kullanılması pek olası değildir.

➤ Evaporatif soğutma sistemleri genellikle küçük hacimlerde bağımsız olarak (tek başına) etkin soğutma sağlayabilir. Orta ve büyük hacimlere sahip yapılarda ise sadece ana soğutma sistemini destekleyici bir görev üstlenebilir.

➤ Evaporatif soğutma sistemleri özellikle dış havanın bağıl nem değerine çok duyarlıdır ve bağıl nem artışından olumsuz etkilenir. Bu nedenle dış havanın bağıl neminin yüksek olduğu iklimlerde (kurak bir iklim söz konusu olsa dahi) sistemler genellikle etkin çalışma olanağına sahip değildir. Benzer şekilde dış hava yağ termometre sıcaklığının artışı da sistemlerin etkinliğini olumsuz yönde etkiler.

➤ Hassas sıcaklık ve nem kontrolü klasik soğutma sistemlerine göre daha zordur [30].

BÖLÜM 3

MATERYAL

Bu tez çalışmasında ped'li evaporatif soğutma yapabilen bir sistem tasarımı ve imalatı yapılmıştır. Yapılan deney sistemi için genel olarak bir adet havaca yalıtılmış ahşap kasa ve yardımcı birimlerden oluşmaktadır. Sistemde kullanılan malzemeler Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Sisteme ait bazı özellikler

| | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| Sistem boyutları | 50 x 50 x100 cm |
| Yapı malzemesi | Ahşap |
| Pompa 2 adet | 6 bar |
| Coolpad | 10 x 15 x 50 cm |
| Sistem kontrol kartı (timer) 1 adet | 12V |
| Güç kaynağı | 12V - 15A - 180W |
| Kondenser 2 adet | $\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ Hp |
| Dimmer (hız kontrol cihazı) 2 adet | 12V |
| Fan 5 adet | 12V – 0,25A |

Tasarlanan mahal boyutları 50 x 50 x 100 cm'dir. Sistem ahşap malzemeden yapılmıştır. Havaca yalıtılmış olan deney düzeneğinde bir adet depo ve pompalar bulunmaktadır.

Sistemin su püskürtme ekipmanları için zamanlayıcı ve fanların hava debisi ayarı için ise dimmer (hız kontrol cihazı) kullanılmıştır. Deney düzeneğinin enerjisi ise 12V'luk güç kaynağından karşılanmıştır. Sistem Karabük ilinin yaz iklimi şartlarına göre denenmiş olup farklı hava hızlarındaki soğutma etkinliği ve bağıl nem değişimleri çıkarılmıştır.

Sistem imalatına ait resimler eklerde gösterilmiştir. (Şekil EK A.1, Şekil EK A.2, Şekil EK A.3, Şekil EK A.4, Şekil EK A.5, Şekil EK A.6, Şekil EK A.7, Şekil EK A.8)

BÖLÜM 4

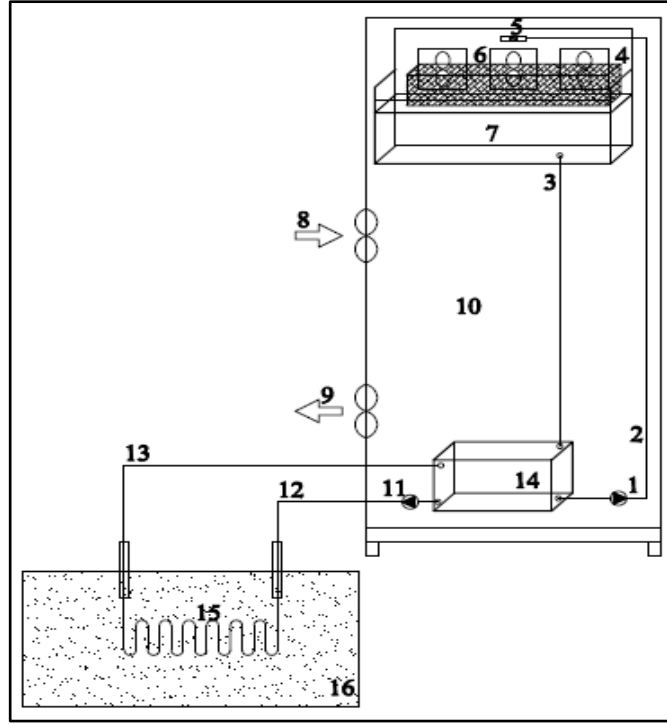
METOD

Kurulmuş olan deney düzeneği öncelikli olarak sistemde 14 numara ile gösterilmiş bir adet su deposu ve buna bağlı olan 1 ve 11 numaralı iki adet 6bar'lık pompa bulunmaktadır. 11 numaralı pompa silis kum ile toprağa 1m derinlikte gömülmüş olan 15 numaralı kondenserden 12 ve 13 numaralı borular aracılığı ile suyu devir dayım ederek toprağa ısısını atması amaçlanmış ve suyu depoya ulaştırmıştır. Diğer 1 numaralı pompa ise depo da ısısı atılmış suyu 2 numara ile gösterilmiş sistem içerisinden boru aracılığı ile 4 numaralı pad malzemesine ulaştırmıştır ve 5 numaralı uçlardan suyun ped'e ulaşması sağlanmıştır.

Suyun sürekli akması için pompa zamanlayıcı yardımı ile ayarlanmıştır. Çalışma zamanı ise basma zamanı olarak 4 dakika bekleme zamanı olarak ise 1 dakika olarak belirlenmiştir.

Şekil de gösterilen 4 numaralı pad'e ulaşan ısısı atılmış suyun serinletme etkinliği 6 numaralı 3 adet fan yardımı ile sistem içerisine üflenmiştir. Üflenmiş bu serin hava sabit hava hızında denenmiştir.

Pad'den süzülen su 7 numaralı kap içinde toplanmış ve 3 numaralı boru ile tekrar depoya ulaşması sağlanmıştır. Sistem de 8 ve 9 numaralı olmak üzere 2 adet fan dan, 8 numaralı fan sisteme taze hava girişini, 9 numaralı fan ise sistemden egzoz havasını atma işini üstlenmiştir. Bu fanların hava debi ayarları ise dimmer'lar(hız kontrol cihazı) aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Sistem de istenilen pozitif ve negatif basınçtaki (1,3-1 m/s, 2,3-2 m/s, 1-1,3 m/s, 2-2,3 m/s) çalışma şartları sağlanmıştır. Tasarlanan sistem Şekil 4.1' de, imalatı yapılmış hali ise Şekil 4.2' de gösterilmiştir.



Şekil 4. 1.Deney düzeneğinin sistem tasarımı.

- 1 numara depo suyunu ped'e göndermek için kullanılan pompa
- 2 numara basma hattı borusu
- 3 numara dönüş hattı borusu
- 4 numara ped malzemesi
- 5 numara suyun ped'e ulaştığı uçlar
- 6 numara üfleme fanları
- 7 numara ped den süzülen fazla suyu toplamak için kullanılmış kap
- 8 numara emiş havası fanı
- 9 numara egzoz havası fanı
- 10 numara mahal
- 11 numara toprağa gönderilen suyun pompası
- 12 numara toprağa gönderilen suyun ölçüm noktası
- 13 numara topraktan çıkan suyun ölçüm noktası
- 14 numara su deposu
- 15 numara toprağa gönderilen suyun ısısının atıldığı yer.



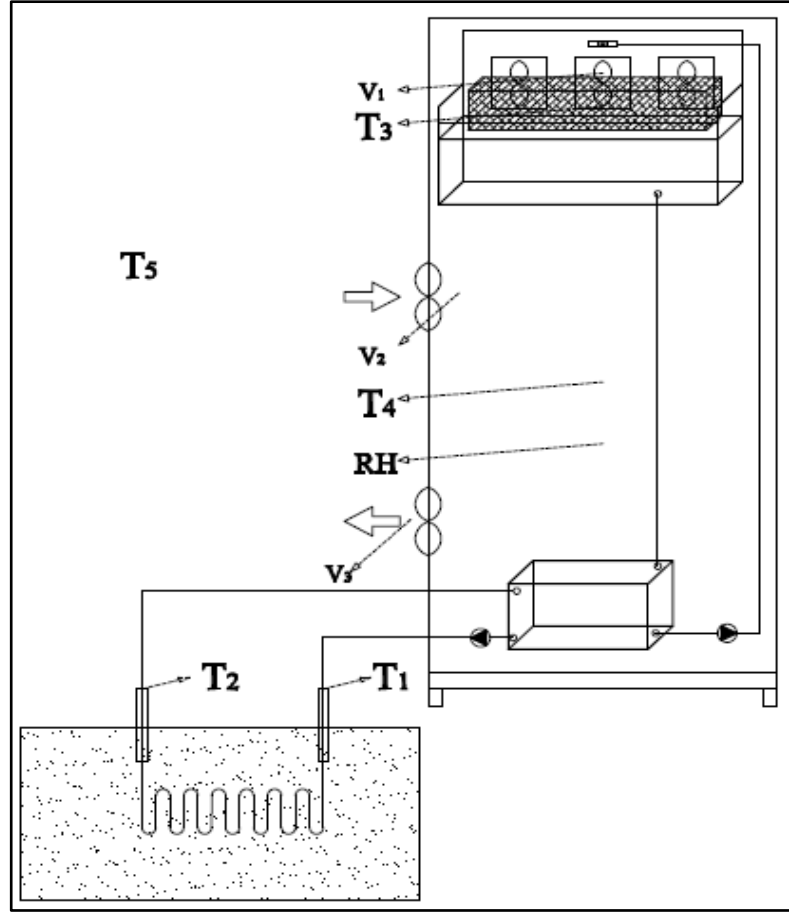
Şekil 4. 2. İmalatı yapılan deney düzeneği.

Deneyler 5-10 Haziran 2014 tarihleri arasında 6 gün boyunca 10.30-17.30 saatleri arasında her 20 dakikada bir ölçüm alınarak yapılmıştır. Deneyler süresince kullanılan ölçüm aletleri ve özellikleri Çizelge 4.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 4. 1. Deneylerde kullanılan ölçüm aletleri.

| Cihaz ve Markası | Özellikleri ve Modeli |
|--|--|
| Sıcaklık ölçüm cihazı AZ INSTRUMENT | 4 kanallı ve virgülden sonra iki basamağa kadar okuma yapabilen 88598 modeli |
| Sıcaklık ve Nem Ölçer TESTO 625 | Nemini ve sıcaklığı ölçmek için entegreprob başlığı ile virgülden sonra bir basamak okuma yapabilen 625 modeli |
| Anemometre (Hava hızı ölçüm cihazı)DELTA OHM | 0 ile 40 m/s hızları arasında ölçüm yapabilen 0,01 hassasiyetli HD 2303.0modeli |

6 gün boyunca yapılan ölçümlerin sistemde ölçümün yapıldığı noktalar Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 3. Sistemin ölçüm noktaları.

T₁ toprağa giren suyun sıcaklığı

T₂ topraktan çıkan suyun sıcaklığı

T₃ pad çıkışı havanın sıcaklığı

T₄ sistem iç sıcaklığı

T₅ dış hava sıcaklığı

V₂ taze hava girişi sağlayan fanın hava hızı

V₃ egzoz havası çıkışını sağlayan fanın hava hızı

RH ile ise sistem içi bağıl nemi değerleri ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

6 gün boyunca yapılan ölçümlerde her 20 dakikada bir alınan değerlerin verileri kaydedilmiştir.

Deneyleerde alınan değerler çizelgeler halinde eklerde gösterilmiştir (Çizelge EK B.1, Çizelge EK B.2, Çizelge EK B.3, Çizelge EK B.4, Çizelge EK B.5, Çizelge EK B.6,

Çizelge EK B.7, Çizelge EK B.8, Çizelge EK B.9, Çizelge EK B.10, Çizelge EK B.11, Çizelge EK B.12, Çizelge EK B.13).

4.1. EVAPORATİF SERİNLETME ETKİNLİĞİ HESABI

Evaporatif serinletme sistemlerinde serinletme etkinliği için önerilen eşitlik (2.1) kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

6 gün boyunca yapılan deney sonuçları ile eşitlik kullanılarak hesaplanan serinletme etkinlikleri değerleri çizelgelerde verilmiştir (Çizelge EK B. 6, Çizelge EK B. 7).

Yaş termometre sıcaklığını bulmak için ise sistem içi kuru termometre sıcaklık değeri ve bağıl nem değerini kullanarak “VaisalaHumidityCalculator” programı ile ped girişindeki havanın yaş termometre sıcaklığı bulunmuştur. Şekil 4.4’de örnek bir yaş termometre sıcaklığı hesaplaması gösterilmiştir.

VAISALA / Humidity Calculator 2.2 Language / 日本語 / 中文

Basic **Advanced** Help

| Ambient Conditions | Value | Unit/Conversion |
|--------------------|----------|-----------------|
| Temperature | 25.6 | °C |
| Pressure | 1013.25 | mbar |
| Gas type | Air | Add new |
| Psychrometer | Standard | Add new |

| Fill in the known parameter to calculate other values | Value | Unit/Conversion |
|---|----------|-----------------|
| Relative humidity (RH) | 59 | %RH |
| Dewpoint (°C) | 16.995 | Tdew/Tfrost |
| Parts per million (ppm) | 19555.32 | PPMvol |
| Absolute humidity (a) | 14.09547 | g/m³ |
| Mixing ratio (x) | 12.16322 | g/kg |
| Water content (w) | 910.582 | lb/MMscf |
| Vapor pressure (pw) | 19.43438 | mbar |
| Wet bulb | 19.873 | °C |
| Saturation vapor pressure (pws) | 32.94 | mbar |

Calculate Reset

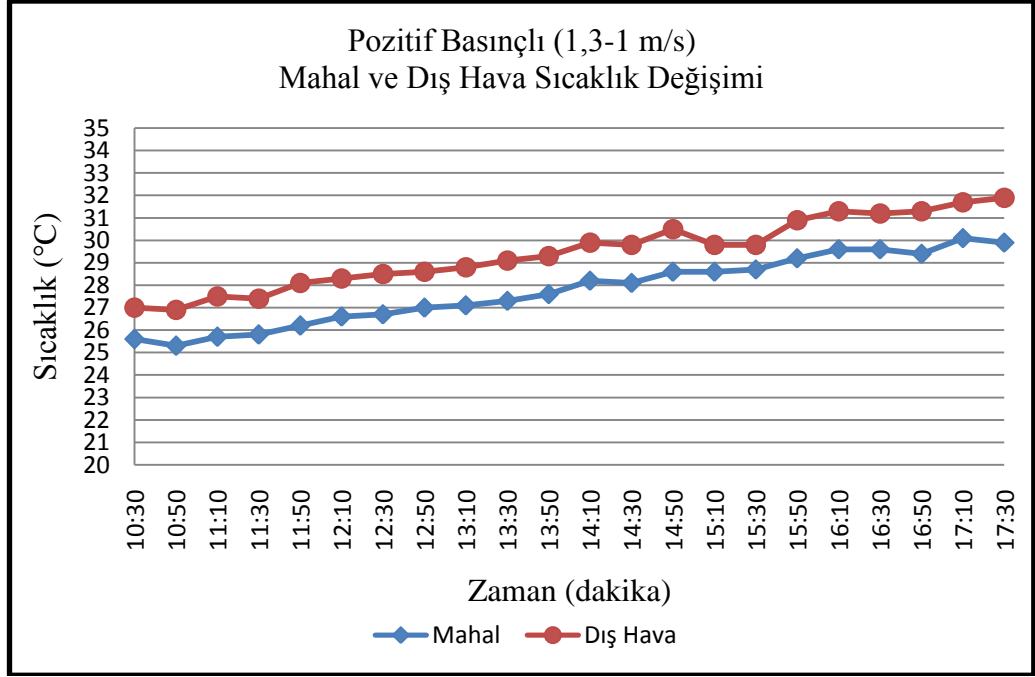
Copyright © Vaisala - www.vaisala.com

Şekil 4. 4. Kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nem kullanarak termometre sıcaklık değerinin hesabına ait bir program görüntüsü.

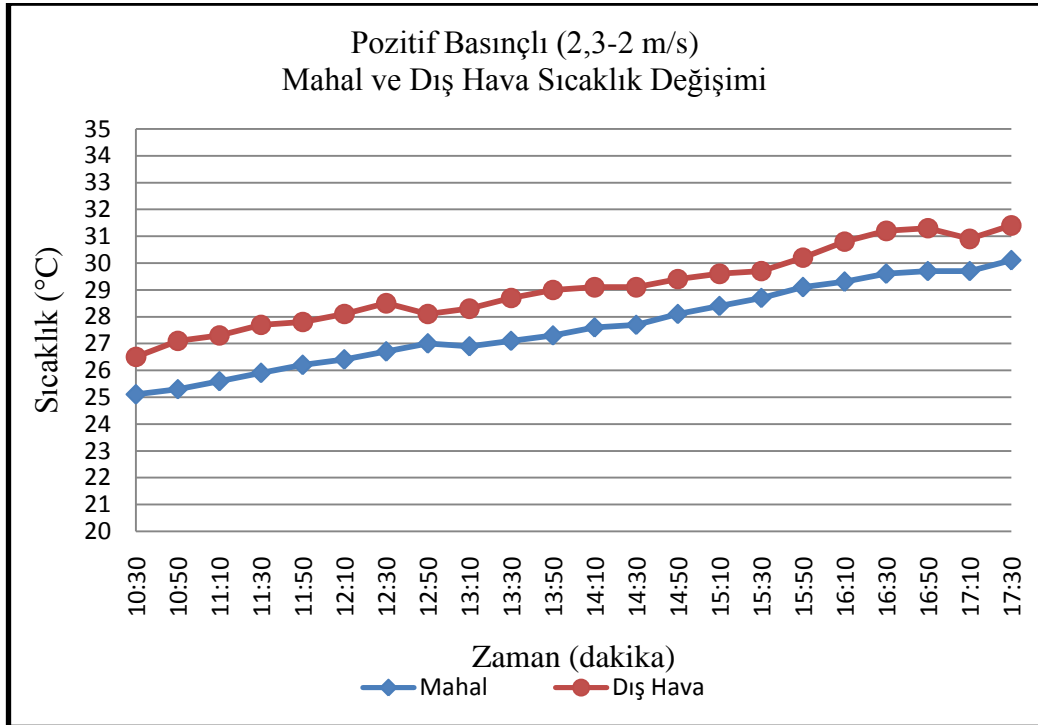
4.2. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMESİ

Deney sistemi literatürdeki çalışmalardan farklı olarak iç havası sistemde tekrar kullanılabilir. Ayrıca sistem deney mahalinde negatif ve pozitif basınç sağlayabilmektedir. Mahalin negatif ve pozitif basınçlı evaporatif soğutmaya karşı sıcaklık değişimleri ve soğutma etkinliği gözlenmiştir.

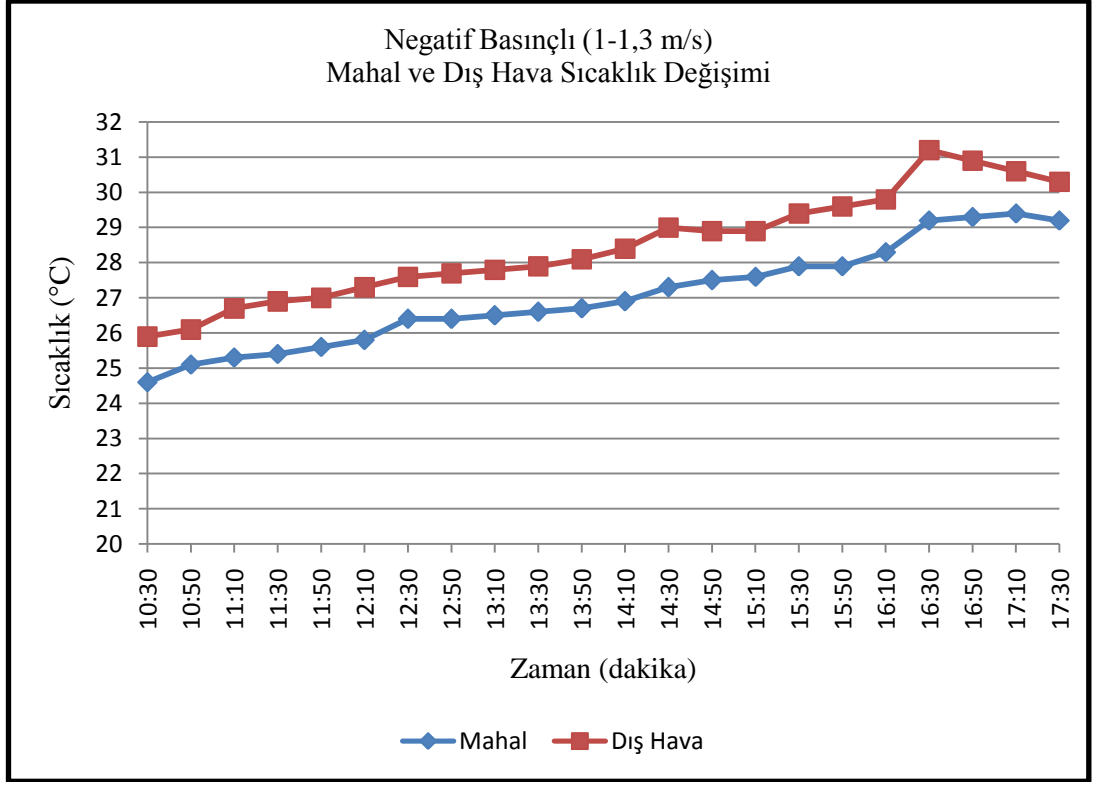
Bunun için; belirlenen hava hızlarında 1,3-1 m/s, 2,3-2 m/s, 1-1,3 m/s, 2-2,3 m/s mahalde pozitif ve negatif basınç sağlayacak şekilde deneyler yapılmıştır. Belirlenen hava hızlarında elde edilen mahal ve dış hava sıcaklık değerleri Şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8'de gösterilmiştir.



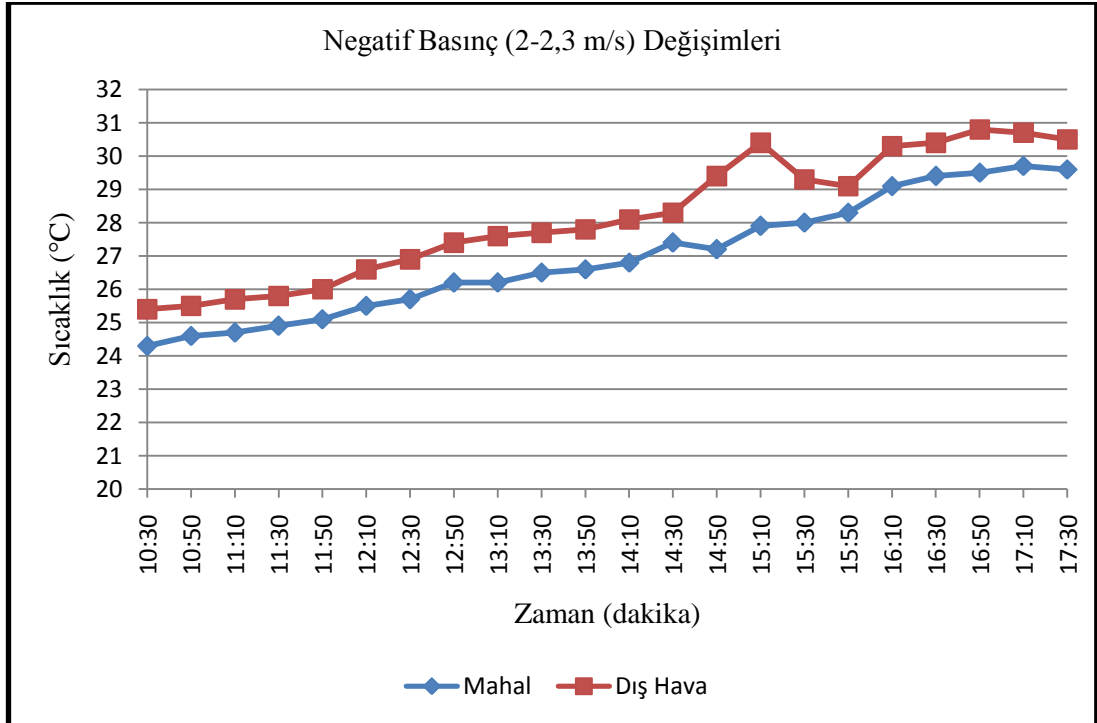
Şekil 4. 5.Yapılan deneye ait sıcaklık – zaman grafiği (05.06.2014).



Şekil 4. 6. Yapılan deneye ait sıcaklık – zaman grafiği (06.06.2014).



Şekil 4. 7. Yapılan deneye ait sıcaklık – zaman grafiği (07.06.2014).

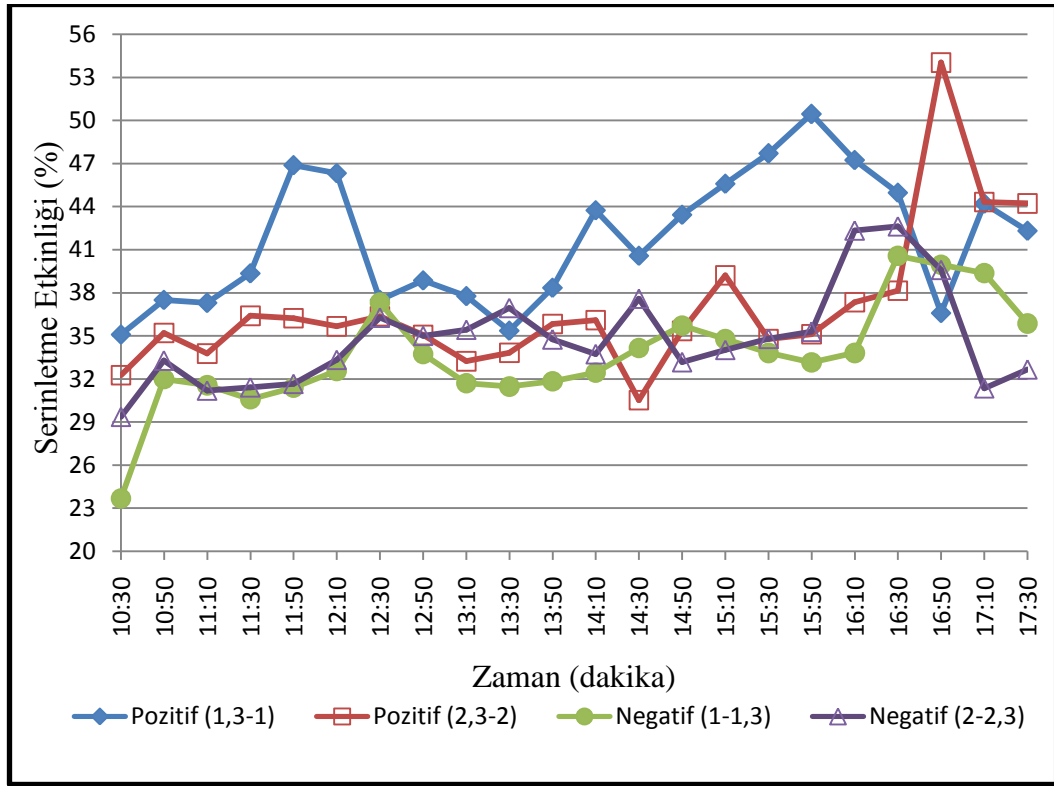


Şekil 4. 8. Yapılan deneye ait sıcaklık – zaman grafiği (08.06.2014).

Şekillerde görüleceği üzere, ölçüm yapılan her dört günde dış hava sıcaklığı ve mahal sıcaklığı değerleri pozitif ve negatif basınç durumlarına göre kendi aralarında (yaklaşık % 80) benzer bir değişim göstermiştir. Dış ortam kuru termometre sıcaklık değerleri 1. ve 2. ölçüm günlerinde (5 ve 6 Haziran) 1,3-1 m/s, 2,3-2 m/s hava hızında 26-32°C aralığında olmak üzere benzer bir değişim gösterirken, 3. ve 4. ölçüm gününde (7 ve 8 Haziran) 1-1,3 m/s, 2-2,3 m/s hava hızında ise 25-31°C aralığında değişmiştir.

Mahalde ölçülen sıcaklık değerlerinde de 1. ve 2. ölçüm günlerinde de (5 ve 6 Haziran) 1,3-1 m/s, 2,3-2 m/s hava hızında 25-31°C aralığında olmak üzere benzer bir değişim gösterirken, 3. ve 4. ölçüm gününde (7 ve 8 Haziran) 1-1,3 m/s, 2-2,3 m/s hava hızında ise 24-30°C aralığında yaklaşık % 80-90 arasında değişkenlik göstermiştir.

Bu dönemde yapılan ölçüm sonuçlarına bağlı olarak hesaplanan serinletme etkinliğinde meydana gelen değişimler ise şekil 4.9'da verilmiştir.



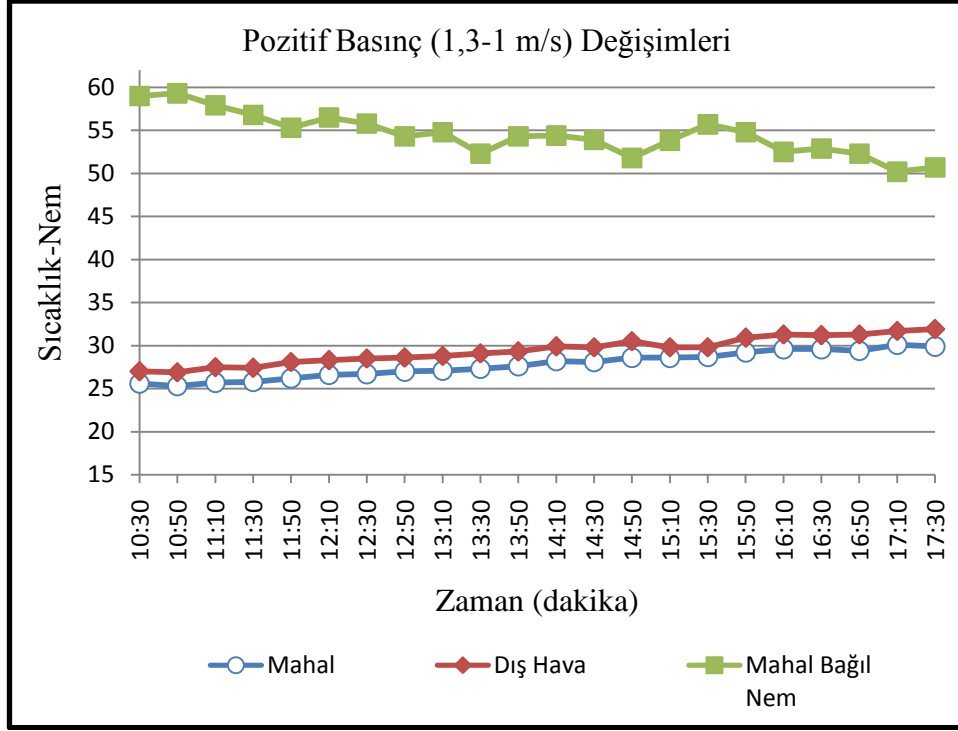
Şekil 4. 9. Deneye ait pozitif ve negatif basınçların serinletme etkinliği.

Şekil 4.9’da görüleceği üzere, serinletme etkinliği 1. ve 2. gün (1,3-1 m/s; 2,3-2 m/s hava hızında) % 32-44 aralığında olurken, 3. ve 4.gün (1-1,3 m/s; 2-2,3 m/s hava hızında) biraz daha düşük ve % 23-33 aralığında değişmiştir. 3. ve 4. günde serinletme etkinliğinin düşük olmasında, dış ortam hava sıcaklığının diğer günlere kıyasla düşük olması ve seçilen negatif basınç hava hızının birlikte etkisi olduğu düşünülmektedir.

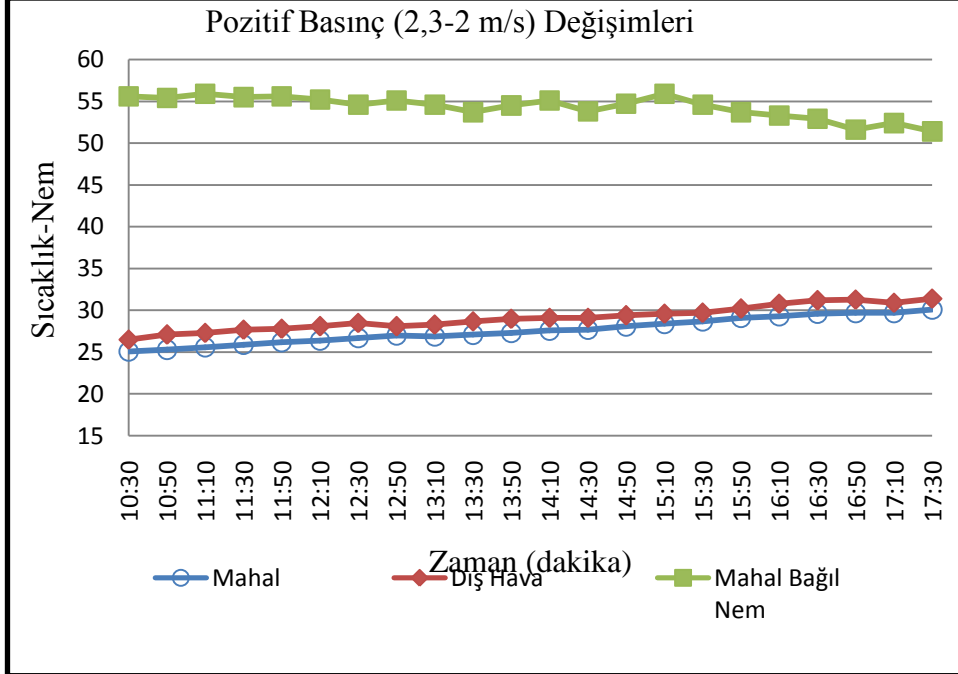
Aynı şekilde havanın mahal içi kuru termometre sıcaklığında meydana gelen düşme 1, 2, 3 ve 4. gün de, günün değişen saatlerine bağlı olarak 4,3-5,3°C arasında dış hava sıcaklığına paralel bir değişim göstermiştir.

Bunlara binaen deneyin ilk 4 gününde seçilen hava hızların da (1,3-1 m/s; 2,3-2 m/s; 1-1,3 m/s; 2-2,3 m/s) pozitif ve negatif basınç değerlerinde ki mahal sıcaklıkları, dış hava sıcaklıkları ve mahal bağıl neminde ki değerlerin değişimleri sırasıyla şekillerde verilmiştir (Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13).

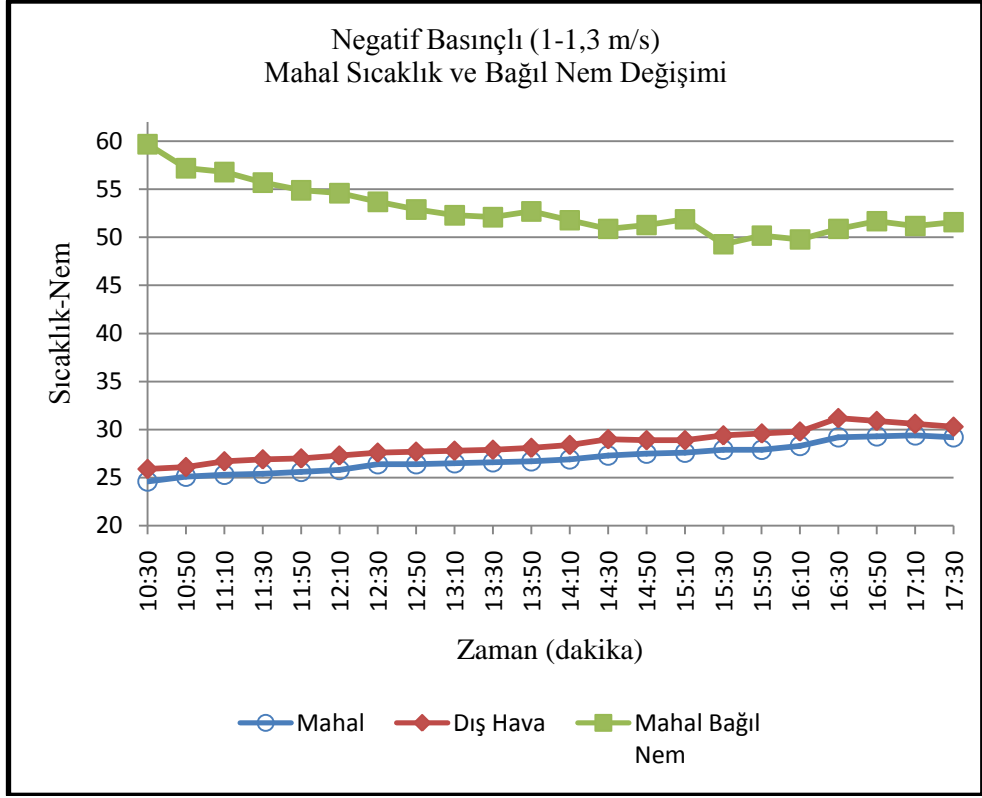
Deneyin 1. ve 2. günün de pozitif basınç değerlerinde mahal bağıl neminde ki değişimler 3. ve 4. günde ki değişimlere oranla daha az olmasında, negatif basınç değerlerinin (1-1,3 m/s; 2-2,3 m/s) etkisi olduğu, yani negatif basınç da fanların mahal içinden egzoz havası görevi yaptığı düşünülmektedir. Bahsi geçen evaporatif soğutmanın yapıldığı hayvan barınaklarında mahal emiş havasının muhakkak olması gerekliliğinden deneysel olarak incelenmiştir.



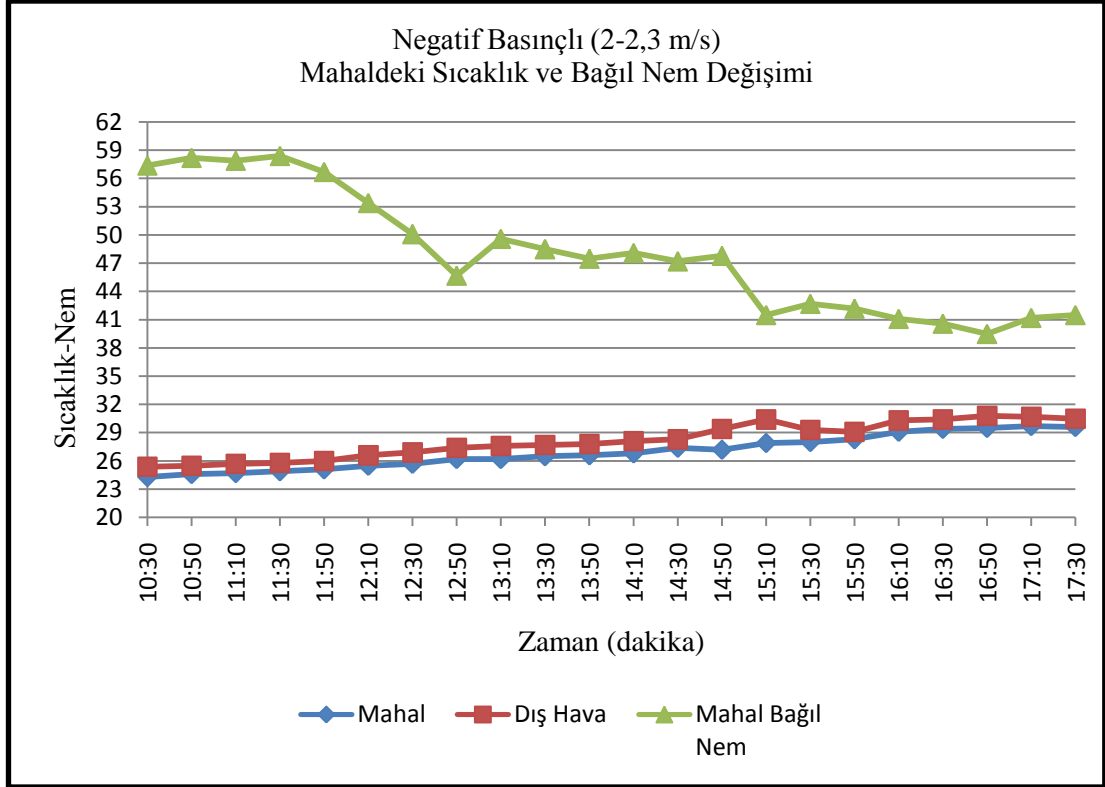
Şekil 4. 10. Yapılan deneye ait mahal sıcaklığı,dış hava sıcaklığıve bağıl nem – zaman grafiği (05.06.2014).



Şekil 4. 11. Yapılan deneye ait mahal sıcaklığı,dış hava sıcaklığı ve bağıl nem – zaman grafiği (06.06.2014).



Şekil 4. 12. Yapılan deneye ait mahal sıcaklığı,dış havası sıcaklığıvebağıl nem – zaman grafiği (07.06.2014).



Şekil 4. 13. Yapılan deneye ait sistem iç sıcaklığı,dış hava sıcaklığı ve bağıl nem zaman grafiği (08.06.2014).

Deneyin 1. ve 2. gününde ki verilerden yararlanarak pozitif basınç da (1,3-1 m/s; 2,3-2 m/s); 3. ve 4. gününde ki verilerden yararlanarak negatif basınç da ki (1-1,3 m/s; 2-2,3 m/s) dış hava sıcaklığı, mahal sıcaklığı ve ped çıkışındaki kuru termometre sıcaklıkları sırasıyla verilmiştir (Şekil 4.14, Şekil 4.15).

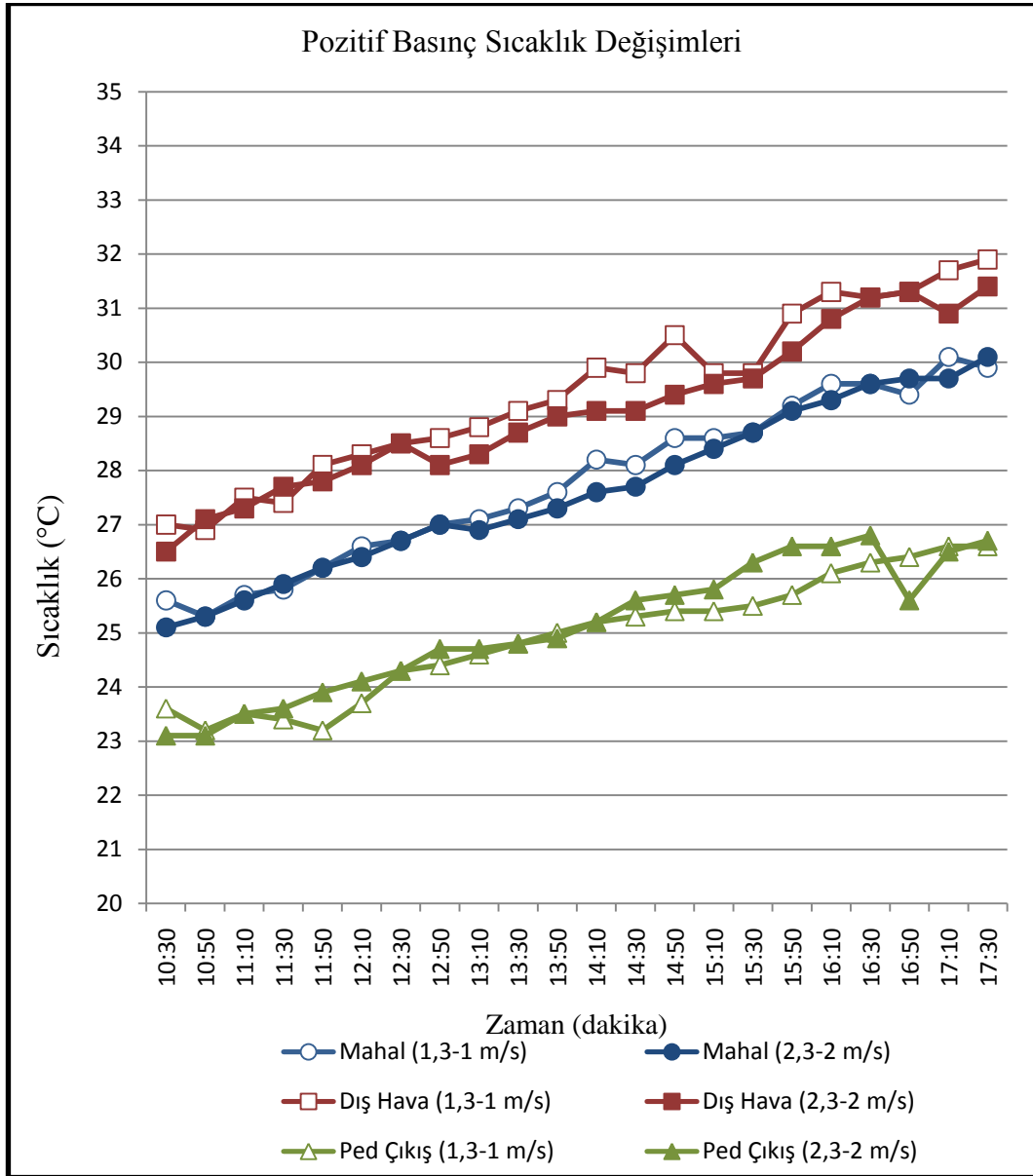
Bulunan değerle göre çıkarılan grafiklerde ped çıkış sıcaklığı, mahal sıcaklığı ve dış ortam sıcaklıkları birbirlerine paralel seyir izlemişlerdir.

Şekil 4.14 ve 4.15'e göre mahal havasının sıcaklığı ped çıkış ve dış hava sıcaklıkları arasında kalmıştır. Mahalde üfleme havasının fazla olduğu pozitif basınç uygulamalarında (1,3-1 m/s, 2,3-2 m/s hava hızında) ortalama %41,68, %36,95 ped etkinliği hesaplanırken, negatif basınç uygulamalarında (1-1,3 m/s, 2-2,3 m/s hava hızında) ortalama %33,70, %34,81 ped etkinliği hesaplanmıştır.

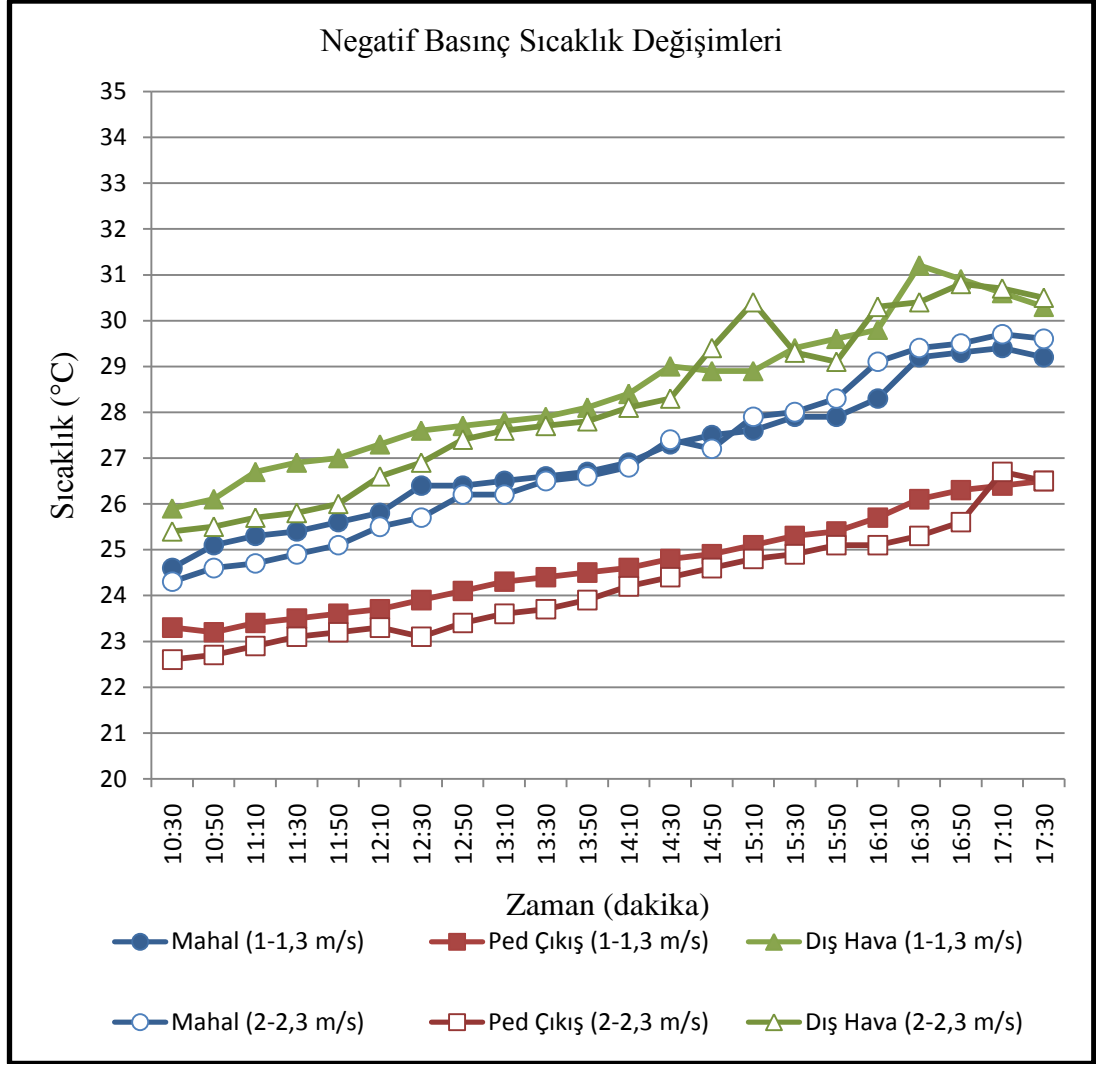
Ortalama ped çıkış sıcaklığı pozitif basınç da (1,3-1 m/s, 2,3-2 m/s hava hızında)24,92°C, 25,10°C, negatif basınç da (1-1,3 m/s, 2-2,3 m/s hava

hızında) 24,68°C, 24,21°C ve mahal sıcaklığı dapo zitif basınç da (1,3-1 m/s, 2,3-2 m/s hava hızında) 27,77°C, 27,61°C, negatif basınç da (1,3-1 m/s, 2,3-2 m/s hava hızında) 27,04°C, 26,96°C olarak bulunmuştur.

Ped'de gerçekleşen evaporatif soğutma boyunca durumun adyabatik olarak gerçekleştiği varsayılarak şekil 4.19, 4.20, 4.21, 4.22 oluşturulmuştur.

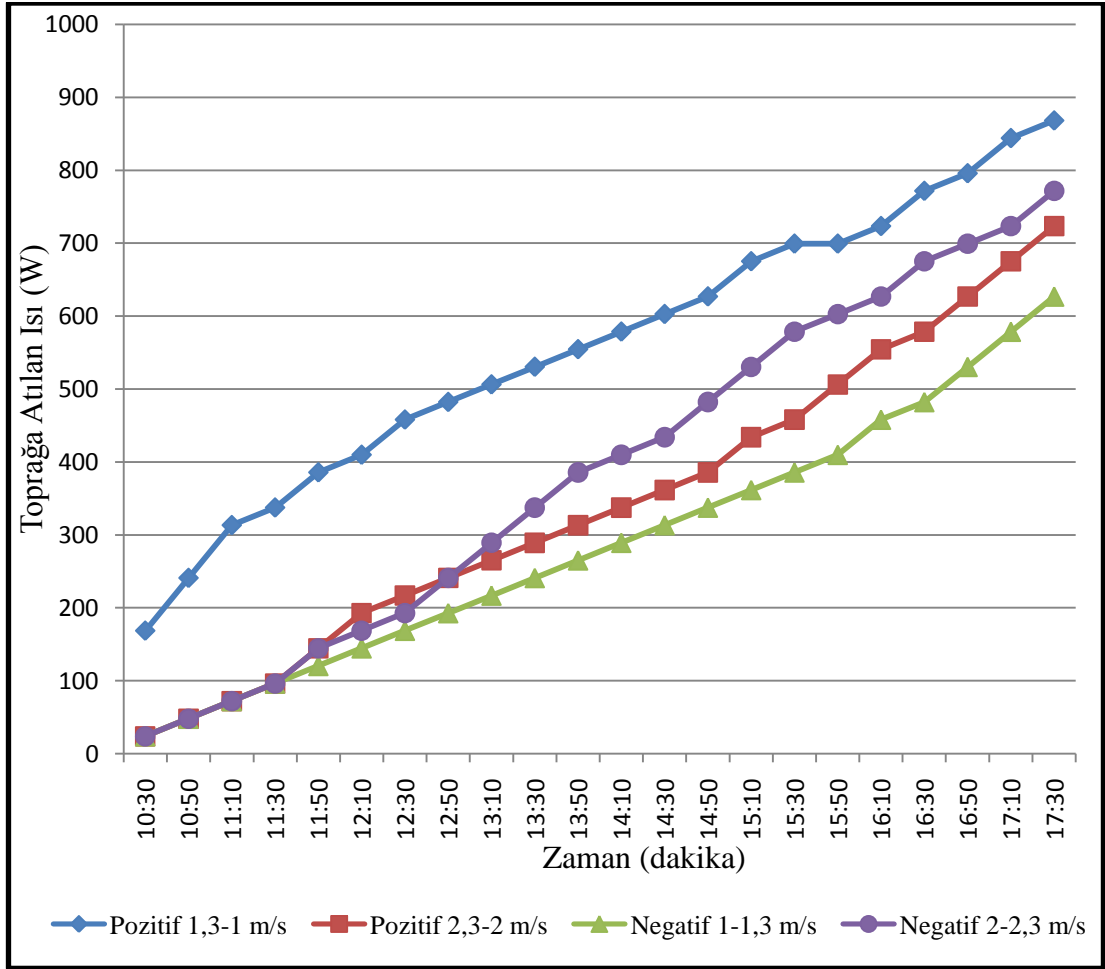


Şekil 4. 14. Deneye ait sistem içi, dış hava ve ped çıkış sıcaklıkları – zaman grafiği.

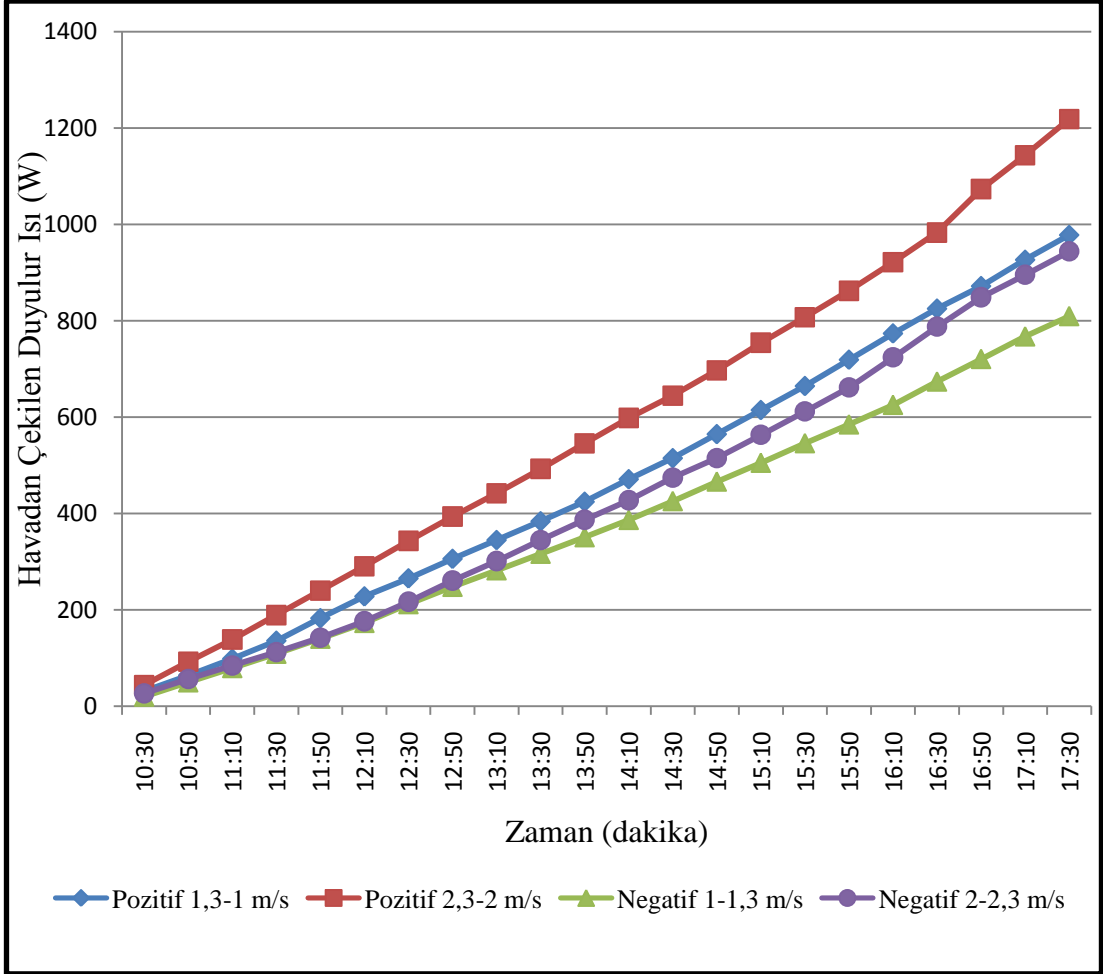


Şekil 4. 15. Deneğe ait sistem içi, dış hava ve ped çıkış sıcaklıkları – zaman grafiği.

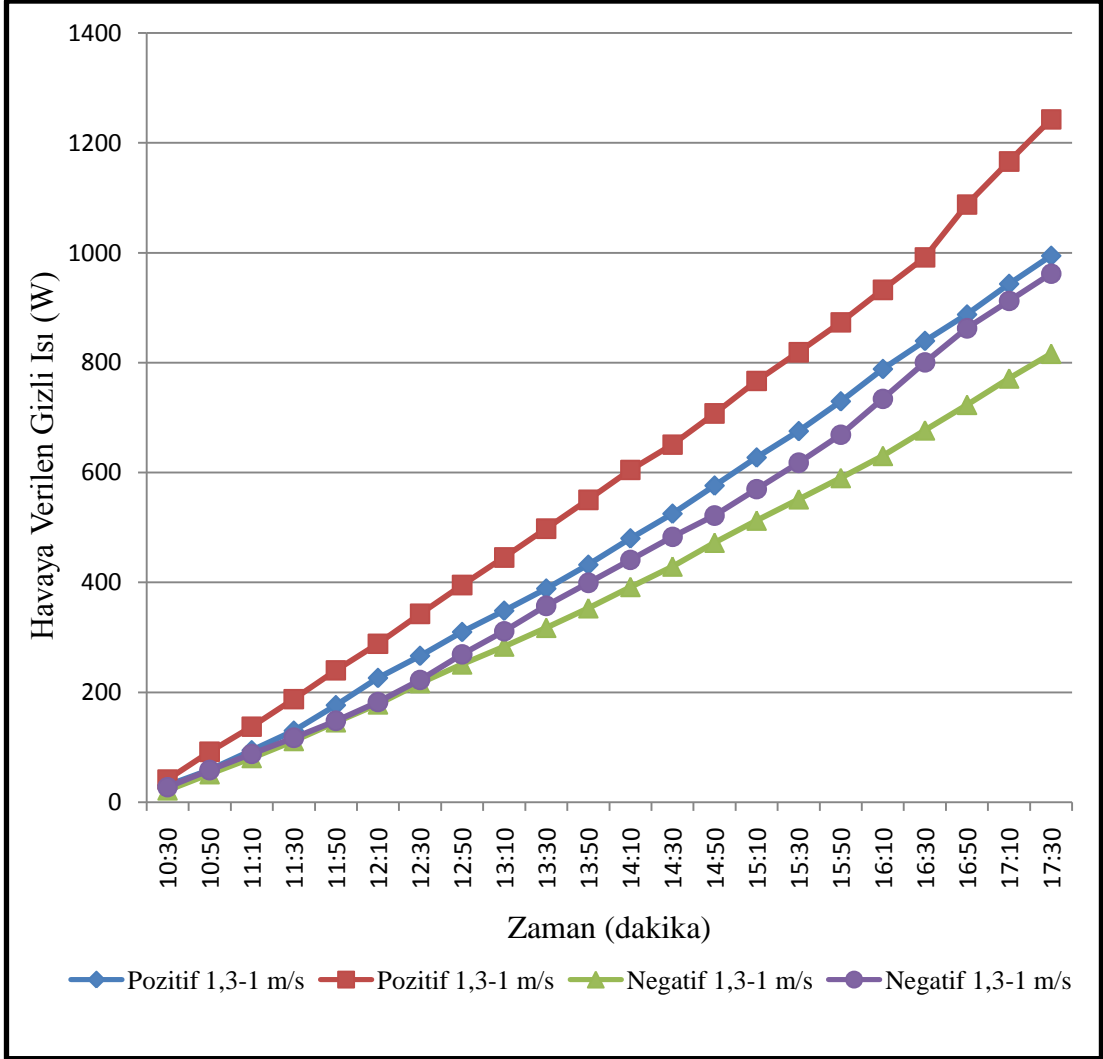
İç mahalde ped üzerine pülverize edilen su havadan duyulur ısı çekerek suyun buharlaşması dolayısı ilede havaya gizli ısı kazancı sağlamıştır. Havadan pülverize edilen su aracılığı ile çekilen duyulur ısı ısı değiştiricisi vasıtası ile toprağa atılmaktadır havadan çekilen duyulur ısı ve havaya atılan gizli ısılar şekil 4.17 ve 4.18 de gösterilmiştir. Çekilen ısı paralelinde toprağa atılan ısı da gün içerisinde artmıştır değişim şekil. 4.16 da gösterilmiştir. Havadan çekilen duyulur ısı hava hızının en yüksek olduğu 2,3 -2 m/s hızlarında en yüksek çıkmıştır. Fakat toprağa atılan ısı hava hızının düşük olduğu 1,3-1 m/s olduğu durum için gerçekleşmiştir. Serinletme etkinliğinde yine bu hızlarda en yüksek değerde olduğu şekil 4,9 da görülmektedir.



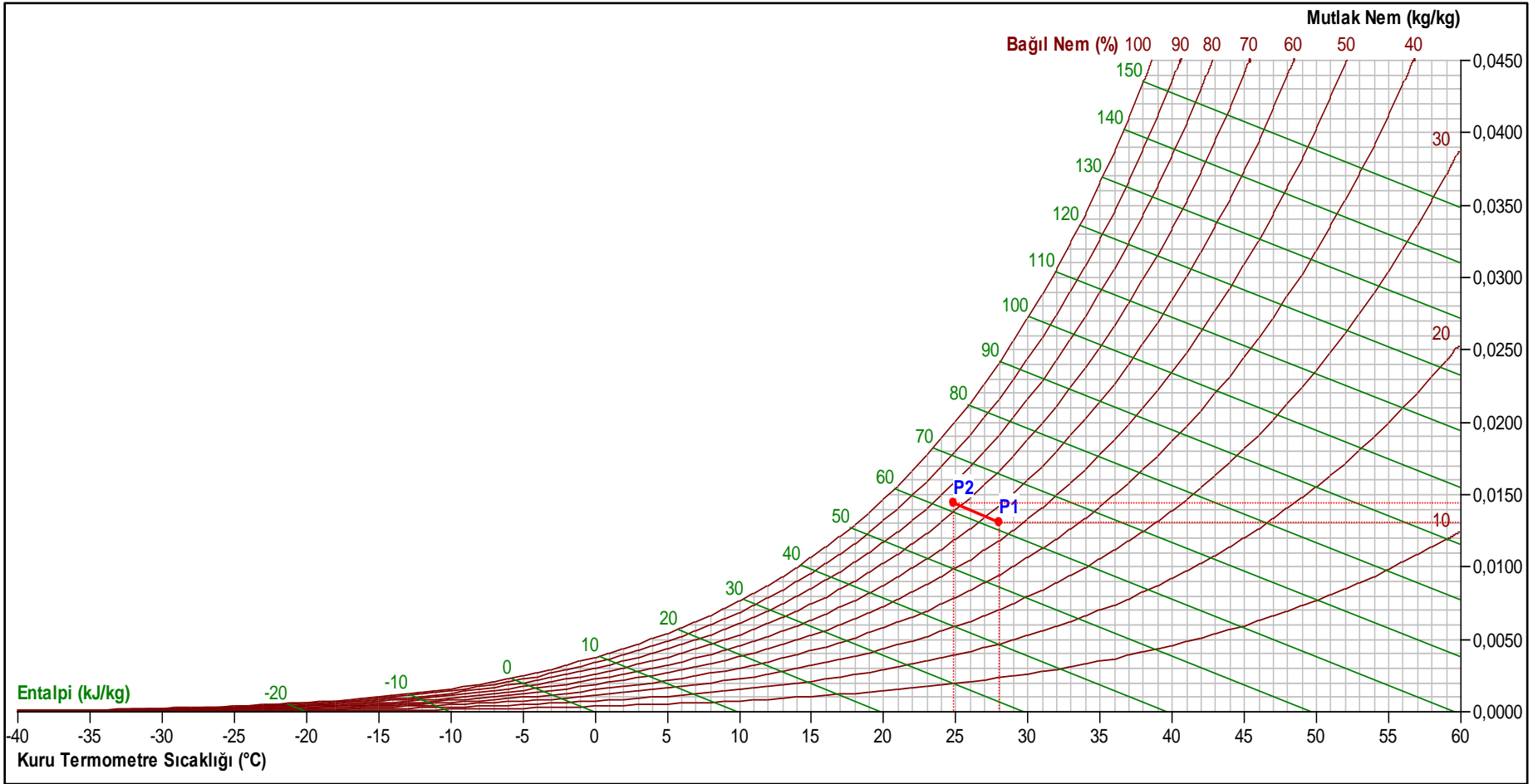
Şekil 4. 16. Deneye ait toprağa atılan ısı miktarı – zaman grafiği.



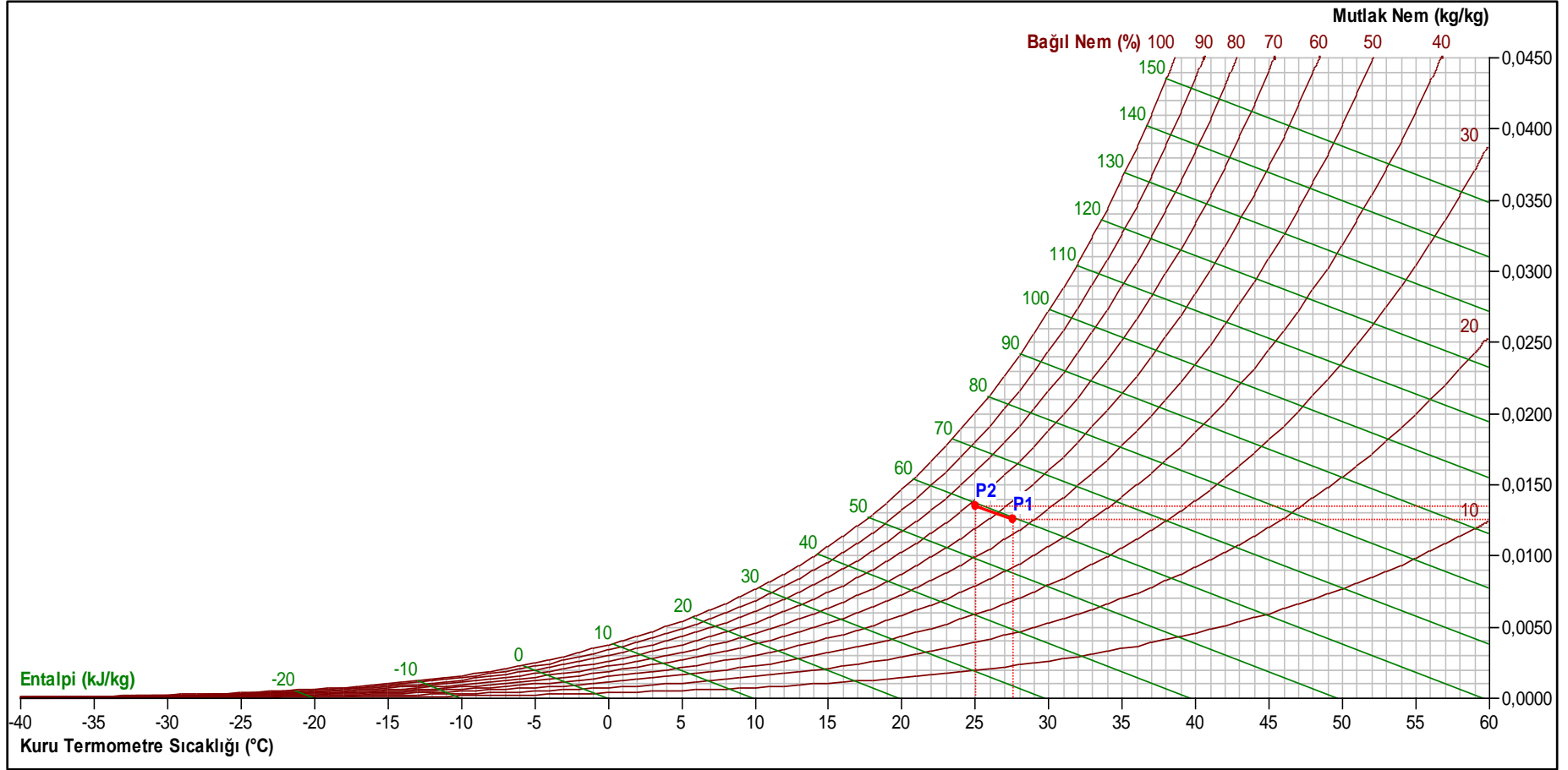
Şekil 4. 17. Deneye ait havadan çekilen duyulur ısı – zaman grafiği.



Şekil 4. 18. Deneye ait havaya verilen gizli ısı – zaman grafiği.



Şekil 4. 19.Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma (1,3-1 m/s).



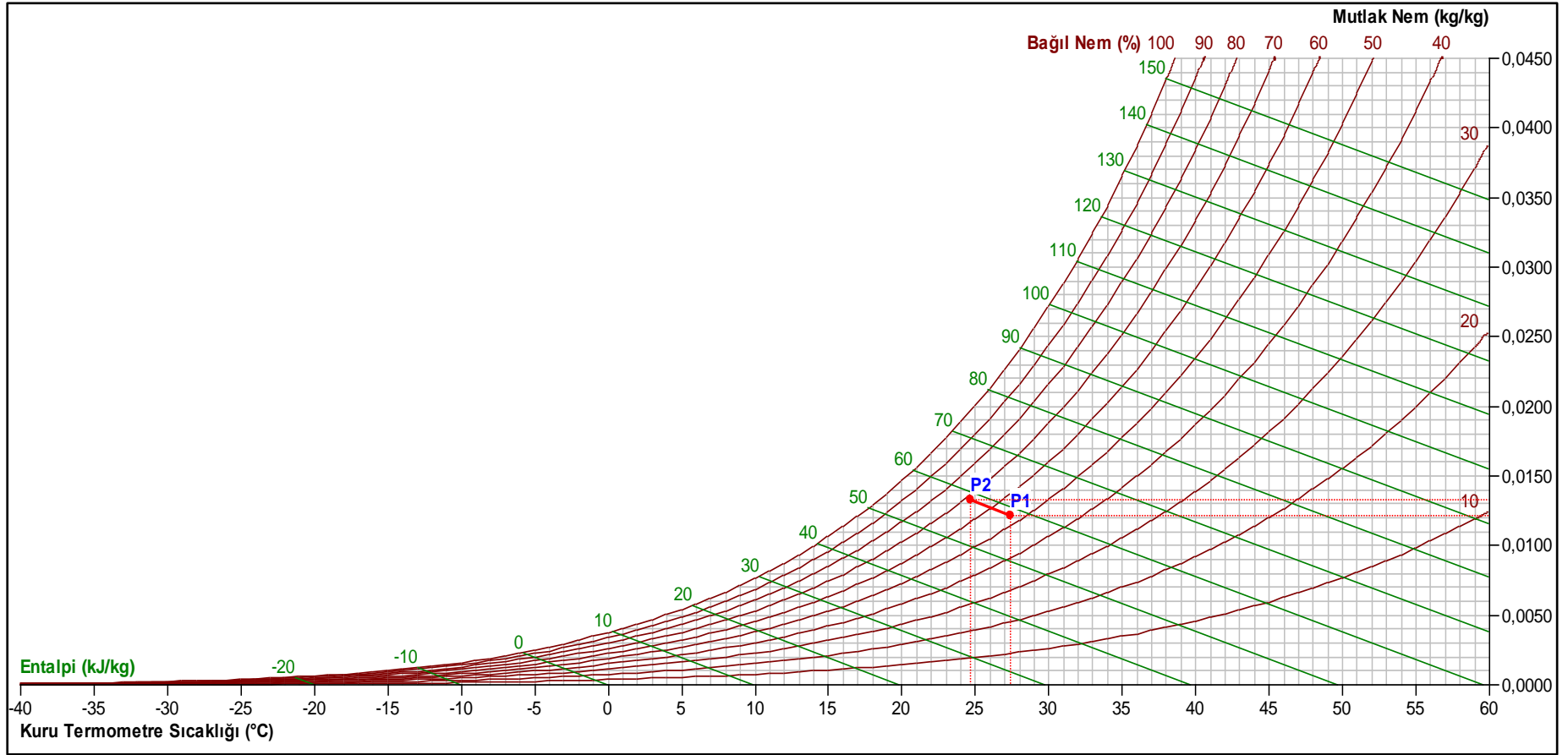
Şekil 4. 20.Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma (2,3-2 m/s).

Çizelge 4. 2.Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma değerleri (1,3-1 m/s).

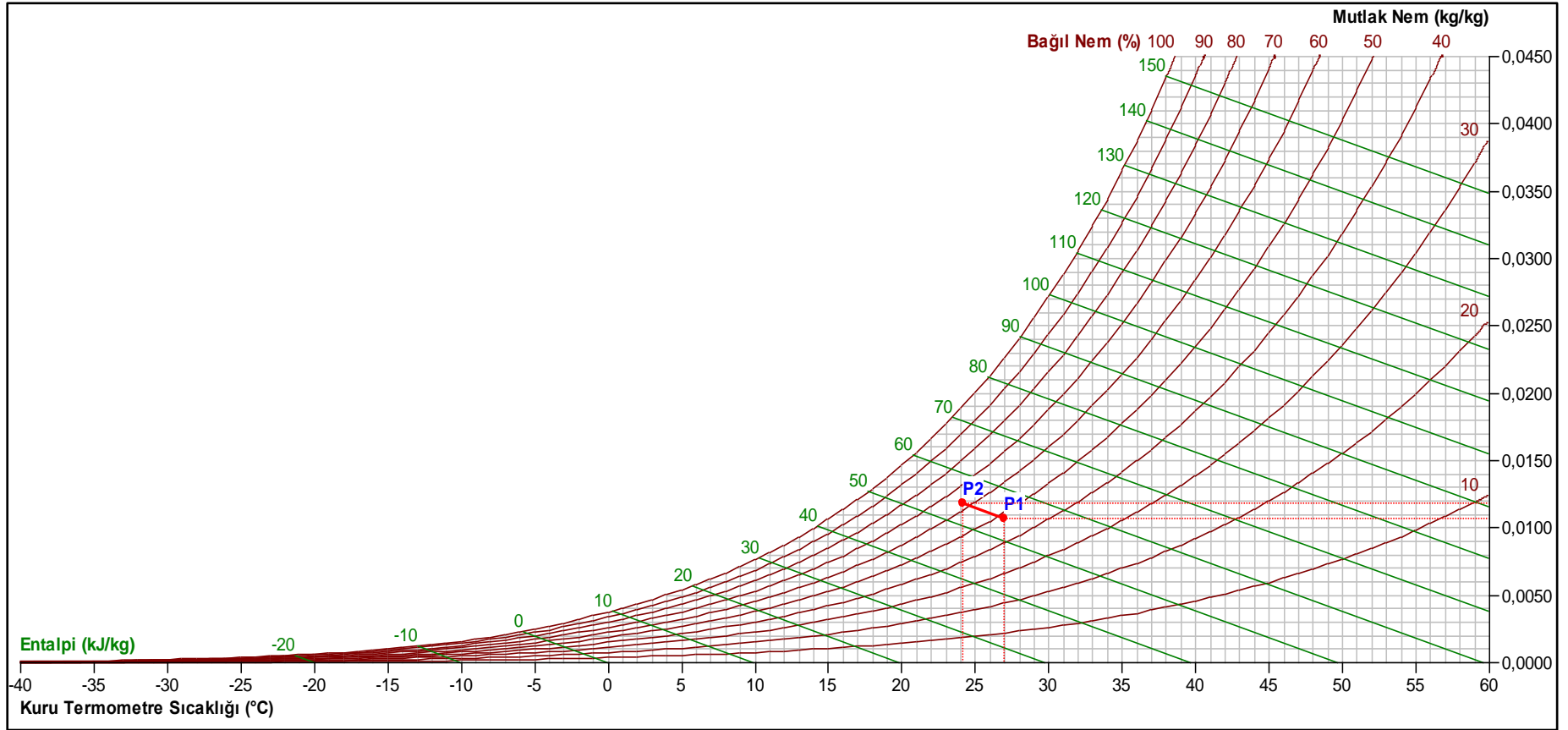
| P1 | | P2 | |
|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| t(Kuru Termometre) | 28,0°C | t(Kuru Termometre) | 24,9°C |
| t(Yaş Termometre) | 21,2°C | t(Yaş Termometre) | 21,2°C |
| t(Çiy Noktası) | 18,1°C | t(Çiy Noktası) | 19,6°C |
| Basınç | 101325,0Pa | Basınç | 101325,0Pa |
| BN | 55,0% | BN | 72,5% |
| g | 0,0130kg/kg | g | 0,0143kg/kg |
| Entalpi | 61,4kJ/kg | Entalpi | 61,6kJ/kg |
| Yoğunluk | 1,163kg/m ³ | Yoğunluk | 1,174kg/m ³ |

Çizelge 4. 3.Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma değerleri (2,3-2 m/s).

| P1 | | P2 | |
|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| t(Kuru Termometre) | 27,6°C | t(Kuru Termometre) | 25,1°C |
| t(Yaş Termometre) | 20,6°C | t(Yaş Termometre) | 20,6°C |
| t(Çiy Noktası) | 17,5°C | t(Çiy Noktası) | 18,6°C |
| Basınç | 101325,0Pa | Basınç | 101325,0Pa |
| BN | 54,0% | BN | 67,2% |
| g | 0,0125kg/kg | g | 0,0134kg/kg |
| Entalpi | 59,6kJ/kg | Entalpi | 59,5kJ/kg |
| Yoğunluk | 1,165kg/m ³ | Yoğunluk | 1,174kg/m ³ |



Şekil 4. 21. Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma (1-1,3 m/s).



Şekil 4. 22. Ped'de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma (2-2,3 m/s).

Çizelge 4. 4.Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma değerleri (1-1,3 m/s).

| P1 | | P2 | |
|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| t(Kuru Termometre) | 27,4°C | t(Kuru Termometre) | 24,7°C |
| t(Yaş Termometre) | 20,3°C | t(Yaş Termometre) | 20,3°C |
| t(Çiy Noktası) | 17,0°C | t(Çiy Noktası) | 18,3°C |
| Basınç | 101325,0Pa | Basınç | 101325,0Pa |
| BN | 53,0% | BN | 67,6% |
| g | 0,0121kg/kg | g | 0,0132kg/kg |
| Entalpi | 58,5kJ/kg | Entalpi | 58,4kJ/kg |
| Yoğunluk | 1,166kg/m ³ | Yoğunluk | 1,176kg/m ³ |

Çizelge 4. 5.Ped’de gerçekleşen adyabatik evaporatif soğutma değerleri (2-2,3 m/s).

| P1 | | P2 | |
|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| t(Kuru Termometre) | 27,0°C | t(Kuru Termometre) | 24,2°C |
| t(Yaş Termometre) | 19,1°C | t(Yaş Termometre) | 19,1°C |
| t(Çiy Noktası) | 15,1°C | t(Çiy Noktası) | 16,6°C |
| Basınç | 101325,0Pa | Basınç | 101325,0Pa |
| BN | 48,0% | BN | 62,5% |
| g | 0,0107kg/kg | g | 0,0118kg/kg |
| Entalpi | 54,4kJ/kg | Entalpi | 54,4kJ/kg |
| Yoğunluk | 1,169kg/m ³ | Yoğunluk | 1,179kg/m ³ |

Şekil 4.16, 4.17’de olduğu gibi pozitif basınç da ortalama mahal bağıl nem deneyler boyunca (1,3-1 m/s, 2,3-2 m/s hava hızında) %54,51, %54,32 sıcaklık 27,77°C, 27,61°C olmuştur. Buna karşın ped çıkış bağıl nemi %71,8, %67,2 bulunurken çıkış sıcaklığı 24,92°C, 25,1°C olarak ölçülmüştür.

Şekil 4.18, 4.19’da olduğu gibi negatif basınç da ortalama mahal bağıl nem deneyler boyunca (1-1,3 m/s, 2-2,3 m/s hava hızında) %52,87, %48,04 sıcaklık 27,04°C,

6,96°C olmuştur. Buna karşın ped çıkış bağıl nemi %68, %65 bulunurken çıkış sıcaklığı 24,7°C, 24,2°C olarak ölçülmüştür.

Deneyin 5. ve 6. gününde ise taze ve egzoz havası fanları çalışmıyor ve fan yüzeyleri kapalı iken ölçülen değerler çizelgede gösterilmiştir (Çizelge EK B. 6).

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu tez çalışması sonrasında aşağıda elde edilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Evaporatif soğutma ped kullanımı ile mahalde pozitif basınçlı (1,3-1 m/s, 2,3-2 m/s hava hızında) sistem ped serinletme etkinliği %41,68 ve %36,95 olarak bulunmuştur.

Mahalde negatif basınç (1-1,3 m/s, 2-2,3 m/s hava hızında) uygulamalarında bu etkinlik %33,70 ve % 34,81 olarak hesaplanmıştır.

Mahal bağıl neminin pozitif basınçta (1,3-1 m/s, 2,3-2 m/s hava hızında) %54,51 ve %54,32, negatif basınçta (1-1,3 m/s, 2-2,3 m/s hava hızında) %52,87 ve %48,04 olarak bulunmuştur.

Ped çıkış sıcaklığı pozitif basınçlı sistem için (1,3-1 m/s, 2,3-2 m/s hava hızında) 24,92°C ve 25,10°C, negatif basınç (1-1,3 m/s, 2-2,3 m/s hava hızında) 24,68°C ve 24,21°C olarak bulunmuştur.

Ped çıkış bağıl nem değeri pozitif basınçlı sistem için (1,3-1 m/s, 2,3-2 m/s hava hızında) %71,8, %67,2 ve negatif basınçlı (1-1,3 m/s, 2-2,3 m/s hava hızında) sistem için ise %68, %65 olarak bulunmuştur.

Ped üzerinde pülverize edilen suyun toprak içerisindeki ısı değiştiricisine giriş çıkış sıcaklıkları arasındaki fark ortalama 0,1-0,3°C olarak bulunmuştur. Sıcaklık farkı ile toprağa ısı atımı sağlanabilmektedir. Yapılan çalışma sonunda elde edilen tecrübeler sayesinde aşağıdaki öneriler yapılabilir.

Literatürden farklı olarak mahalde uygulanan pozitif ve negatif basınç mahal havası sıcaklığını etkilediği ölçülmüştür. Özellikle hayvan barınakları uygulamaları pedli soğutma sistemlerinde mahal emiş havasında olması tavsiye edilir. Emiş

havasının negatif basınç değil de pozitif basınçlı bir şekilde uygulanması ped etkinliğini düşürmeyecektir.

Literatürdeki uygulamalarda, Su deposu dışarıda ve dış hava iklim koşullarına açık bir şekilde bulunmaktadır. İçeride korunaklı ve hatta izoleli bir şekilde bulundurulması önerilir.

Depodaki suyun bir pompa ile toprak/su ısı değiştiricisinde dolaştırılarak sıcaklığın düşürülmesi / artmaması sağlanabilir.

Hayvan barınakları gibi koku üretimin fazla olduğu yerlerde negatif basınçlı havalandırma sistemleri önerilmesine karşın sadece pedli soğutmada mahale taze hava verilmesi kokunun dışarı atılması açısından yetersiz olacaktır. Bu yüzden bu uygulamada olduğu gibi mahalde emiş havasının olması önerilir.

KAYNAKLAR

1. Koca, R. W., W. C. Hughes, L. L. Christianson, "Evaporative Cooling Pads: Test Procedure and Evaluation", *Transaction of the ASAE*, 7(4):485-490 (1991).
2. Genceli, O. F., "Buharlaşmalı Serinletme Özellikleri ve Uygulanması", *I. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 281-303, İzmir (1993).
3. Dağtekin, M., Y. Yıldız, "Çukurova Bölgesinde Kümes İçi Sıcaklık Probleminin Çözümüne Yönelik Alternatif Serinletme Yöntemleri", *UTMEK'96, Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi*, 142-151, Ankara (1996).
4. Simmons, J. D., B. D. Lott, "Evaporative Cooling Performance Resulting from Changes in Water Temperature", *Applied Engineering in Agriculture*, 12(4), 497-500 (1996).
5. Dağtekin, M., G. A. K. Gürdil, Y. Yıldız, "Determination of Suitable Pad Material for Evaporative Cooling of Broiler Houses in Turkey", *AgEng Oslo-98, International Conference on Agricultural Engineering*, 271-272, August 24-27, Oslo (1998).
6. Bilge, D., M. Bilge, "İndirek/Direk Evaporatif Soğutma Sistemleri Kombinasyonu", *IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler*, 197-204, İzmir (1999).
7. Yılmaz, T., O. Büyükalaca, "Desesif-Evaporatif Soğutma Sistemleri", *IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler*, 165-181, İzmir (1999).
8. Uğurlu, N., M. Kara, "Islak Ped Sistemiyle Serinletmenin Performans Verileri ve Kafes Sistem Kümes İç Sıcaklığının Düşürülmesine Etkisi", *Turk J Agric For*, TÜBİTAK-24, 79-86 (2000).
9. Cruz, V. F., M. Perissinotto, E. M. Lucas, D. J. De Moura, "Efficiency Evaluation of Pad Cooling Systems Design with Different Pad Materials", *XVI. CIGR World Congress, AgEng Bonn 2006, Book of Abstracts*, 403-404 (2006).
10. Yıldız, Y., A. K. G. Gürdil, K. Ekinci, D. Akbolat, "Çukurova Koşullarında Pedli Evaporatif Serinletme Sisteminin İki Farklı Hava Hızında Bazı Performans Özellikleri", *Ç.Ü.Z.F. Dergisi*, 21(1): 73-78, Adana (2006).

11. Kaydar, Z., Y. Yıldız, “Çukurova Bölgesinde Bir Etlik Piliç Kümesinde Bulunan Pedli Evaporatif Serinletme Sisteminin Serinletme Etkinliği ve Sağlanan Sıcaklık Düşmesi Değerlerinin Belirlenmesi”, *Ç.Ü.Z.F. Dergisi*, 22(1): 99-108, Adana (2007).
12. Kocaturk, Ü., Y. Yıldız, “Çukurova Koşullarında Selüloz Esaslı Evaporatif Serinletme Pedinin Üç Farklı Hava Hızlarında Bazı Performans Özellikleri”, *Ç.Ü.Z.F. Dergisi*, 21(4): 101-108, Adana (2007).
13. Öz, H., “Isparta Yöresindeki Seralarda Fan-Ped Sisteminin Etkinliğinin Belirlenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi. S.D.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü*, Isparta (2007).
14. Yıldız, Y., M. Dağtekin, C. Karaca, “Çukurova Bölgesinde Pedli Evaporatif Serinletme Sistemi Bulunan Bir Etlik Piliç Kümesinde Uzun Eksendeki Sıcaklık Dağılımı”, *Ç.Ü.Z.F. Dergisi*, 22(1): 89-93, Adana (2007).
15. Dağtekin, M., C. Karaca, Y. Yıldız, “Performance Characteristics of a Pad Evaporative Cooling System in a Broiler House in a Mediterranean Climate”, *Biosystem Engineering*, 103(2009), 100-104 (2009).
16. Dağtekin, M., C. Karaca, L. Sangün, Y. Yıldız, “Determination of the Relationship Among Air Velocity, Cooling Efficiency and Temperature Decrease at a Cellulose Based Evaporative Cooling Pad”, *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 5(24), pp. 3477-3482 (2010).
17. Erbil, F. G., “Seralarda Yaz Koşullarında Fan-Ped Sisteminin Etkinliğinin Araştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi. S.D.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü*, Isparta (2010).
18. Dağtekin, M., C. Karaca, Y. Yıldız, A. Başçetinçelik, Ö. Paydak, “The Effect of Air Velocity on the Performance of Pad Evaporative Cooling Systems”, *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 6(7), pp. 1813-1822 (2011).
19. Tamer, Ş., “*Klima ve Havalandırma*”, *Cilt I: (Genişletilmiş 2. Baskı)*, *METEKSAN A.Ş.*, Ankara (1990).
20. Yıldız, Y., C. Karaca, M. Dağtekin, “Hayvan Barınaklarında Çevre Denetimi (Havalandırma, Isıtma, Serinletme ve Aydınlatma)”, *ISBN: 978-975-8377-75-6. Hasad Yayıncılık LTD. ŞTİ.*, Ümraniye-34760-İstanbul (2010).
21. Asae, “Ventilation of Agricultural Structures (Edited: Mylo A. Hellickson and John N. Walker)”, *ASAE Monograph*, Numbers:6, St. Joseph, Michigan (1983).
22. Ashrae, “*Equipment Handbook. Am. Soc. Of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering*”, New York (1983).

23. Benham, D. S., F. Wiersma, "Design Criteria of Evaporative Cooling", *American Society of Agricultural Engineers*. 74-4527. St. Joseph, Michigan, 49085 (1974).
24. Asae, "Ventilation of Agricultural Structures (Edited: Mylo A. Hellickson and John N. Walker)", *ASAE Monograph*, Numbers:6, St. Joseph, Michigan (1983).
25. Asae, "Standarts, 34th Edition, EP270.5. Design of Ventilation Systems for Poultry and Livestock Shelters", St. Joseph, Michigan (1987).
26. Timmons, M. B., G. R. Baughman, "A Plenum Concept Applied to Evaporative Pad Cooling for Broiler Housing", *Transaction of the ASAE*, 27(6) :1877-1881 (1984).
27. Yıldız, Y., C. Karaca, M. Dağtekin, "Hayvan Barınaklarında Çevre Denetimi (Havalandırma, Isıtma, Serinletme ve Aydınlatma)", *ISBN: 978-975- 8377-75-6. Hasad Yayıncılık LTD. ŞTİ.*, Ümraniye-34760-İstanbul (2010).
28. Anonymous, "Ventilation of Agricultural Structures (Edited: Mylo A. Hellickson and John N. Walker)", *ASAE Monograph*, Numbers:6, St. Joseph, Michigan (1983).
29. Asae, "Ventilation of Agricultural Structures (Edited: Mylo A. Hellickson and John N. Walker)", *ASAE Monograph*, Numbers:6, St. Joseph, Michigan (1983).
30. Osma, E., "Evaporatif Soğutma Sistemlerinin Mekanik Buhar Sıkıştırılmış Soğutma Sistemleri İle Termodinamik ve Ekonomik Bakımdan Karşılaştırılması", *Yüksek Lisans Tezi. N.K.Ü. Makine Mühendisliği*, Tekirdağ (2011).

EK AÇIKLAMALAR A.

SİSTEME AİT BAZI İMALAT RESİMLERİ



Şekil EK A. 1. Deney kasası genel görünüm.



Şekil EK A. 2. Sistem içi üfleme fanları.



Şekil EK A. 3. Depo suyu pompası.



Şekil EK A. 4. Pad malzemesi.



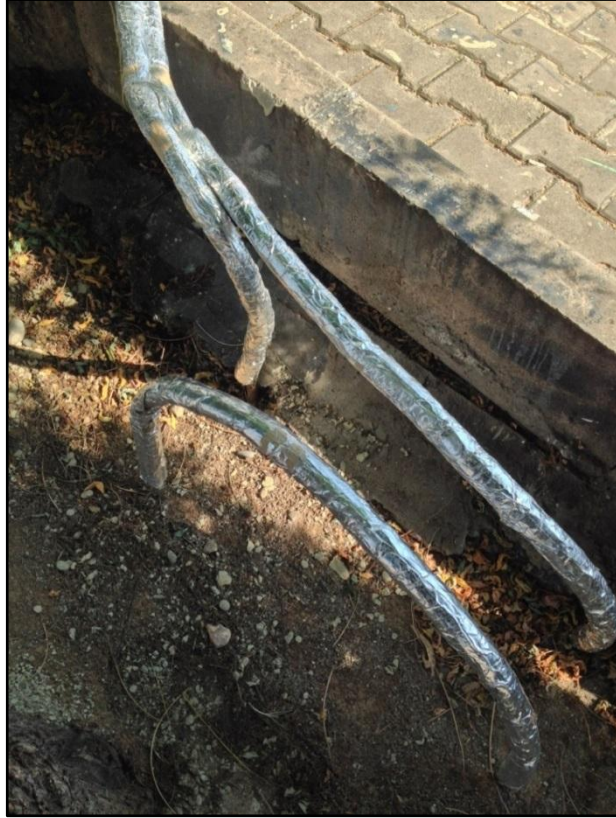
Şekil EK A. 5. Taze ve egzoz havası fanlar.



Şekil EK A. 6. Hava hızı ayarında kullanılan dimmer.



Şekil EK A. 7. Toprak altına gömülmüş olan kondenser ve silis kum.



Şekil EK A. 8. Toprak altına gömülmüş olan kondensergiriş-çıkış görünümleri

EK AÇIKLAMALAR B.

ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Çizelge EK B. 1. Yapılan 1,3 - 1 m/s pozitif basınç hava hızındaki ölçümler (5.06.2014).

| Zaman(dk.) | Toprak Suyu Giriş Sıcaklığı(°C) | Toprak Suyu Çıkış Sıcaklığı(°C) | Ped Çıkış Sıcaklığı (°C) | Mahal Sıcaklığı(°C) | Dış Hava Sıcaklığı (°C) | Üfleme Hava Hızı (m/s) | Taze Hava Hızı(m/s) | Egzoz Hava Hızı (m/s) | Mahal Bağlı NemRH(%) | Yaş Termometre Sıcaklığı (°C) | η=Serinletme Etkinliği (%) |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 10.30 | 24,9 | 24,2 | 23,6 | 25,6 | 27 | Sabit | 1,3 | 1 | 59 | 19,9 | 35,09 |
| 10.50 | 25,1 | 24,8 | 23,2 | 25,3 | 26,9 | | | | 59,3 | 19,7 | 37,50 |
| 11.10 | 25,2 | 24,9 | 23,5 | 25,7 | 27,5 | | | | 57,9 | 19,8 | 37,29 |
| 11.30 | 25,3 | 25,2 | 23,4 | 25,8 | 27,4 | | | | 56,8 | 19,7 | 39,34 |
| 11.50 | 25,6 | 25,4 | 23,2 | 26,2 | 28,1 | | | | 55,3 | 19,8 | 46,88 |
| 12.10 | 25,8 | 25,7 | 23,7 | 26,6 | 28,3 | | | | 56,5 | 20,34 | 46,33 |
| 12.30 | 26,1 | 25,9 | 24,3 | 26,7 | 28,5 | | | | 55,8 | 20,3 | 37,50 |
| 12.50 | 26,3 | 26,2 | 24,4 | 27 | 28,6 | | | | 54,3 | 20,31 | 38,86 |
| 13.10 | 26,5 | 26,4 | 24,6 | 27,1 | 28,8 | | | | 54,8 | 20,48 | 37,76 |
| 13.30 | 26,9 | 26,8 | 24,8 | 27,3 | 29,1 | | | | 52,3 | 20,23 | 35,36 |
| 13.50 | 27,1 | 27 | 25 | 27,6 | 29,3 | | | | 54,3 | 20,82 | 38,35 |
| 14.10 | 27,3 | 27,2 | 25,2 | 28,2 | 29,9 | | | | 54,4 | 21,34 | 43,73 |
| 14.30 | 27,4 | 27,3 | 25,3 | 28,1 | 29,8 | | | | 53,9 | 21,2 | 40,58 |
| 14.50 | 27,5 | 27,4 | 25,4 | 28,6 | 30,5 | | | | 51,8 | 21,23 | 43,42 |
| 15.10 | 27,6 | 27,4 | 25,4 | 28,6 | 29,8 | | | | 53,8 | 21,58 | 45,58 |
| 15.30 | 27,6 | 27,5 | 25,5 | 28,7 | 29,8 | | | | 55,7 | 21,99 | 47,69 |
| 15.50 | 27,8 | 27,8 | 25,7 | 29,2 | 30,9 | | | | 54,8 | 22,26 | 50,43 |
| 16.10 | 27,9 | 27,8 | 26,1 | 29,6 | 31,3 | | | | 52,5 | 22,19 | 47,23 |
| 16.30 | 28,1 | 27,9 | 26,3 | 29,6 | 31,2 | | | | 52,9 | 22,26 | 44,96 |
| 16.50 | 28,2 | 28,1 | 26,4 | 29,4 | 31,3 | | | | 52,3 | 21,2 | 36,59 |
| 17.10 | 28,3 | 28,1 | 26,6 | 30,1 | 31,7 | 50,2 | 22,18 | 44,19 | | | |
| 17.30 | 28,3 | 28,2 | 26,6 | 29,9 | 31,9 | 50,7 | 22,1 | 42,31 | | | |

Çizelge EK B. 2. Yapılan 2,3 - 2 m/s pozitif basınç hava hızındaki ölçümler (06.06.2014).

| Zaman(dk.) | Toprak Suyu Giriş Sıcaklığı(°C) | Toprak Suyu Çıkış Sıcaklığı(°C) | Ped Çıkış Sıcaklığı (°C) | Mahal Sıcaklığı (°C) | Dış Hava Sıcaklığı (°C) | Üfleme Hava Hızı (m/s) | Taze Hava Hızı (m/s) | Egzoz Hava Hızı (m/s) | Mahal Bağlı Nem RH(%) | Yaş Termometre Sıcaklığı (°C) | η=Serinletme Etkinliği (%) |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 10.30 | 25,2 | 25,1 | 23,1 | 25,1 | 26,5 | Sabit | 2,3 | 2 | 55,6 | 18,9 | 32,26 |
| 10.50 | 25,2 | 25,1 | 23,1 | 25,3 | 27,1 | | | | 55,4 | 19,05 | 35,20 |
| 11.10 | 25,5 | 25,4 | 23,5 | 25,6 | 27,3 | | | | 55,9 | 19,38 | 33,76 |
| 11.30 | 25,7 | 25,6 | 23,6 | 25,9 | 27,7 | | | | 55,5 | 19,58 | 36,39 |
| 11.50 | 25,8 | 25,6 | 23,9 | 26,2 | 27,8 | | | | 55,6 | 19,85 | 36,22 |
| 12.10 | 26 | 25,8 | 24,1 | 26,4 | 28,1 | | | | 55,2 | 19,95 | 35,66 |
| 12.30 | 26,2 | 26,1 | 24,3 | 26,7 | 28,5 | | | | 54,6 | 20,1 | 36,36 |
| 12.50 | 26,4 | 26,3 | 24,7 | 27 | 28,1 | | | | 55,1 | 20,44 | 35,06 |
| 13.10 | 26,7 | 26,6 | 24,7 | 26,9 | 28,3 | | | | 54,6 | 20,28 | 33,23 |
| 13.30 | 26,9 | 26,8 | 24,8 | 27,1 | 28,7 | | | | 53,7 | 20,3 | 33,82 |
| 13.50 | 27,1 | 27 | 24,9 | 27,3 | 29 | | | | 54,5 | 20,6 | 35,82 |
| 14.10 | 27,3 | 27,2 | 25,2 | 27,6 | 29,1 | | | | 55,1 | 20,95 | 36,09 |
| 14.30 | 27,5 | 27,4 | 25,6 | 27,7 | 29,1 | | | | 53,8 | 20,82 | 30,52 |
| 14.50 | 27,7 | 27,6 | 25,7 | 28,1 | 29,4 | | | | 54,7 | 21,31 | 35,35 |
| 15.10 | 28,1 | 27,9 | 25,8 | 28,4 | 29,6 | | | | 55,9 | 21,77 | 39,22 |
| 15.30 | 28,1 | 28 | 26,3 | 28,7 | 29,7 | | | | 54,6 | 21,8 | 34,78 |
| 15.50 | 28,3 | 28,1 | 26,6 | 29,1 | 30,2 | | | | 53,7 | 21,98 | 35,11 |
| 16.10 | 28,4 | 28,2 | 26,6 | 29,3 | 30,8 | | | | 53,3 | 22,07 | 37,34 |
| 16.30 | 28,4 | 28,3 | 26,8 | 29,6 | 31,2 | | | | 52,9 | 22,26 | 38,15 |
| 16.50 | 28,6 | 28,4 | 25,6 | 29,7 | 31,3 | | | | 51,6 | 22,11 | 54,02 |
| 17.10 | 28,7 | 28,5 | 26,5 | 29,7 | 30,9 | 52,4 | 22,48 | 44,32 | | | |
| 17.30 | 28,8 | 28,6 | 26,7 | 30,1 | 31,4 | 51,4 | 22,41 | 44,21 | | | |

Çizelge EK B. 3. Yapılan 1 – 1,3 m/s negatif basınç hava hızındaki ölçümler (07.06.2014).

| Zaman(dk.) | Toprak Suyu Giriş Sıcaklığı(°C) | Toprak Suyu Çıkış Sıcaklığı(°C) | Ped Çıkış Sıcaklığı (°C) | Mahal Sıcaklığı (°C) | Dış Hava Sıcaklığı (°C) | Üfleme Hava Hızı (m/s) | Taze Hava Hızı (m/s) | Egzoz Hava Hızı (m/s) | Mahal Bağlı Nem RH(%) | Yaş Termometre Sıcaklığı (°C) | η=Serinletme Etkinliği (%) |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 10.30 | 25,4 | 25,3 | 23,3 | 24,6 | 25,9 | Sabit | 1 | 1,3 | 59,7 | 19,11 | 23,68 |
| 10.50 | 25,4 | 25,3 | 23,2 | 25,1 | 26,1 | | | | 57,2 | 19,16 | 31,99 |
| 11.10 | 25,5 | 25,4 | 23,4 | 25,3 | 26,7 | | | | 56,8 | 19,28 | 31,56 |
| 11.30 | 25,6 | 25,5 | 23,5 | 25,4 | 26,9 | | | | 55,7 | 19,19 | 30,60 |
| 11.50 | 25,7 | 25,6 | 23,6 | 25,6 | 27 | | | | 54,9 | 19,23 | 31,40 |
| 12.10 | 25,9 | 25,8 | 23,7 | 25,8 | 27,3 | | | | 54,6 | 19,35 | 32,56 |
| 12.30 | 26,1 | 26 | 23,9 | 26,4 | 27,6 | | | | 53,7 | 19,7 | 37,31 |
| 12.50 | 26,2 | 26,1 | 24,1 | 26,4 | 27,7 | | | | 52,9 | 19,58 | 33,72 |
| 13.10 | 26,3 | 26,2 | 24,3 | 26,5 | 27,8 | | | | 52,3 | 19,56 | 31,70 |
| 13.30 | 26,5 | 26,4 | 24,4 | 26,6 | 27,9 | | | | 52,1 | 19,61 | 31,47 |
| 13.50 | 26,7 | 26,6 | 24,5 | 26,7 | 28,1 | | | | 52,7 | 19,79 | 31,84 |
| 14.10 | 26,8 | 26,7 | 24,6 | 26,9 | 28,4 | | | | 51,8 | 19,81 | 32,44 |
| 14.30 | 27 | 26,9 | 24,8 | 27,3 | 29 | | | | 50,9 | 19,98 | 34,15 |
| 14.50 | 27,1 | 27 | 24,9 | 27,5 | 28,9 | | | | 51,3 | 20,22 | 35,71 |
| 15.10 | 27,2 | 27,1 | 25,1 | 27,6 | 28,9 | | | | 51,9 | 20,41 | 34,77 |
| 15.30 | 27,3 | 27,2 | 25,3 | 27,9 | 29,4 | | | | 49,3 | 20,21 | 33,81 |
| 15.50 | 27,4 | 27,3 | 25,4 | 27,9 | 29,6 | | | | 50,2 | 20,36 | 33,16 |
| 16.10 | 27,6 | 27,4 | 25,7 | 28,3 | 29,8 | | | | 49,8 | 20,61 | 33,81 |
| 16.30 | 27,9 | 27,8 | 26,1 | 29,2 | 31,2 | | | | 50,9 | 21,56 | 40,58 |
| 16.50 | 28,1 | 27,9 | 26,3 | 29,3 | 30,9 | | | | 51,7 | 21,79 | 39,95 |
| 17.10 | 28,2 | 28 | 26,4 | 29,4 | 30,6 | 51,2 | 21,78 | 39,37 | | | |
| 17.30 | 28,3 | 28,1 | 26,5 | 29,2 | 30,3 | 51,6 | 21,67 | 35,86 | | | |

Çizelge EK B. 4. Yapılan 2 – 2,3 m/s negatif basınçta hava hızındaki ölçümler (08.06.2014).

| Zaman(dk.) | Toprak Suyu Giriş Sıcaklığı(°C) | Toprak Suyu Çıkış Sıcaklığı(°C) | Ped Çıkış Sıcaklığı (°C) | Mahal Sıcaklığı (°C) | Dış Hava Sıcaklığı (°C) | Üfleme Hava Hızı (m/s) | Taze Hava Hızı (m/s) | Egzoz Hava Hızı (m/s) | Mahal Bağlı Nem RH(%) | Yaş Termometre Sıcaklığı (°C) | η=Serinletme Etkinliği (%) |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 10.30 | 24,7 | 24,6 | 22,6 | 24,3 | 25,4 | Sabit | 2 | 2,3 | 57,4 | 18,51 | 29,36 |
| 10.50 | 24,8 | 24,7 | 22,7 | 24,6 | 25,5 | | | | 58,2 | 18,89 | 33,27 |
| 11.10 | 24,9 | 24,8 | 22,9 | 24,7 | 25,7 | | | | 57,9 | 18,93 | 31,20 |
| 11.30 | 25 | 24,9 | 23,1 | 24,9 | 25,8 | | | | 58,4 | 19,17 | 31,41 |
| 11.50 | 25,2 | 25 | 23,2 | 25,1 | 26 | | | | 56,7 | 19,1 | 31,67 |
| 12.10 | 25,4 | 25,3 | 23,3 | 25,5 | 26,6 | | | | 53,4 | 18,9 | 33,33 |
| 12.30 | 25,5 | 25,4 | 23,1 | 25,7 | 26,9 | | | | 50,1 | 18,53 | 36,26 |
| 12.50 | 25,7 | 25,5 | 23,4 | 26,2 | 27,4 | | | | 45,7 | 18,2 | 35,00 |
| 13.10 | 25,8 | 25,6 | 23,6 | 26,2 | 27,6 | | | | 49,6 | 18,86 | 35,42 |
| 13.30 | 26,1 | 25,9 | 23,7 | 26,5 | 27,7 | | | | 48,5 | 18,92 | 36,94 |
| 13.50 | 26,6 | 26,4 | 23,9 | 26,6 | 27,8 | | | | 47,5 | 18,83 | 34,75 |
| 14.10 | 26,6 | 26,5 | 24,2 | 26,8 | 28,1 | | | | 48,1 | 19,09 | 33,72 |
| 14.30 | 26,8 | 26,7 | 24,4 | 27,4 | 28,3 | | | | 47,2 | 19,42 | 37,59 |
| 14.50 | 27,1 | 26,9 | 24,6 | 27,2 | 29,4 | | | | 47,8 | 19,36 | 33,16 |
| 15.10 | 27,2 | 27 | 24,8 | 27,9 | 30,4 | | | | 41,5 | 18,79 | 34,03 |
| 15.30 | 27,3 | 27,1 | 24,9 | 28 | 29,3 | | | | 42,7 | 19,09 | 34,79 |
| 15.50 | 27,4 | 27,3 | 25,1 | 28,3 | 29,1 | | | | 42,2 | 19,23 | 35,28 |
| 16.10 | 27,5 | 27,4 | 25,1 | 29,1 | 30,3 | | | | 41,1 | 19,65 | 42,33 |
| 16.30 | 27,8 | 27,6 | 25,3 | 29,4 | 30,4 | | | | 40,6 | 19,78 | 42,62 |
| 16.50 | 27,9 | 27,8 | 25,6 | 29,5 | 30,8 | | | | 39,5 | 19,65 | 39,59 |
| 17.10 | 28 | 27,9 | 26,7 | 29,7 | 30,7 | 41,2 | 20,13 | 31,35 | | | |
| 17.30 | 28,2 | 28 | 26,5 | 29,6 | 30,5 | 41,5 | 20,11 | 32,67 | | | |

Çizelge EK B. 5. Yapılan taze ve egzoz havası fanları çalışmıyerve fan yüzeyleri kapalı iken ölçülen değerler (09.06.2014).

| Zaman(dk.) | Depo Suyu Sıcaklığı (°C) | Ped Çıkış Sıcaklığı (°C) | Mahal Sıcaklığı (°C) | Dış Hava Sıcaklığı (°C) | Üfleme Havası Hızı (m/s) | Taze Hava Hızı (m/s) | Egzoz Havası Hızı (m/s) | Mahal Bağlı Nem RH (%) | Yaş Termometre Sıcaklığı (°C) | Serinletme Etkinliği (%) |
|------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 11.30 | 26,1 | 25,9 | 26,4 | 26,1 | sabit | fan çalışmıyor | fan çalışmıyor | 89,8 | 25,06 | 37,31 |
| 11.50 | 26,7 | 26,4 | 27 | 26,9 | | | | 91,3 | 25,85 | 52,17 |
| 12.10 | 27,6 | 27,3 | 27,9 | 27,6 | | | | 93,9 | 27,08 | 73,17 |
| 12.30 | 28,2 | 27,9 | 28,6 | 28,1 | | | | 93,5 | 27,71 | 78,65 |
| 12.50 | 28,7 | 28,4 | 29,1 | 28,7 | | | | 94,3 | 28,32 | 89,74 |
| 13.10 | 29,1 | 28,8 | 29,4 | 28,9 | | | | 94,2 | 28,6 | 75,00 |
| 13.30 | 29,5 | 29,2 | 29,8 | 29,2 | | | | 94,7 | 29,06 | 81,08 |
| 13.50 | 29,8 | 29,5 | 30,1 | 29,6 | | | | 94,9 | 29,39 | 84,51 |

Çizelge EK B. 6. Egzoz ve taze hava fanları kapalı (çalışmıyor) ve fan yüzeylerikapalı iken serinletme etkinliği.

| Zaman(dk.) | η=Serinletme Etkinliği (%) fan yüzeyi kapalı |
|-------------------|---|
| 11.30 | 37,31 |
| 11.50 | 52,17 |
| 12.10 | 73,17 |
| 12.30 | 78,65 |
| 12.50 | 89,74 |
| 13.10 | 75,00 |
| 13.30 | 81,08 |
| 13.50 | 84,51 |

Çizelge EK B. 7.Pozitif ve negatif basınçtaki serinletme etkinlikleri.

| Zaman(dk.) | Pozitif (1,3-1) η=Serinletme Etkinliği (%) | Pozitif (2,3-2) η=Serinletme Etkinliği (%) | Negatif (1-1,3) η=Serinletme Etkinliği (%) | Negatif (2-2,3) η=Serinletme Etkinliği (%) |
|-------------------|---|---|---|---|
| 10.30 | 35,09 | 32,26 | 23,68 | 29,36 |
| 10.50 | 37,50 | 35,20 | 31,99 | 33,27 |
| 11.10 | 37,29 | 33,76 | 31,56 | 31,20 |
| 11.30 | 39,34 | 36,39 | 30,60 | 31,41 |
| 11.50 | 46,88 | 36,22 | 31,40 | 31,67 |
| 12.10 | 46,33 | 35,66 | 32,56 | 33,33 |
| 12.30 | 37,50 | 36,36 | 37,31 | 36,26 |
| 12.50 | 38,86 | 35,06 | 33,72 | 35,00 |
| 13.10 | 37,76 | 33,23 | 31,70 | 35,42 |
| 13.30 | 35,36 | 33,82 | 31,47 | 36,94 |
| 13.50 | 38,35 | 35,82 | 31,84 | 34,75 |
| 14.10 | 43,73 | 36,09 | 32,44 | 33,72 |
| 14.30 | 40,58 | 30,52 | 34,15 | 37,59 |
| 14.50 | 43,42 | 35,35 | 35,71 | 33,16 |
| 15.10 | 45,58 | 39,22 | 34,77 | 34,03 |
| 15.30 | 47,69 | 34,78 | 33,81 | 34,79 |
| 15.50 | 50,43 | 35,11 | 33,16 | 35,28 |
| 16.10 | 47,23 | 37,34 | 33,81 | 42,33 |
| 16.30 | 44,96 | 38,15 | 40,58 | 42,62 |
| 16.50 | 36,59 | 54,02 | 39,95 | 39,59 |
| 17.10 | 44,19 | 44,32 | 39,37 | 31,35 |
| 17.30 | 42,31 | 44,21 | 35,86 | 32,67 |

Çizelge EK B. 8. Pozitif basınçtaki sistem içi, dış hava ve ped çıkış sıcaklıkları değişimi.

| Zaman (dk.) | Mahal Sıcaklığı (1,3-1)(°C) | Ped Çıkış Sıcaklığı (1,3-1) (°C) | Dış Hava Sıcaklığı (1,3-1) (°C) | Mahal Sıcaklığı (2,3-2) (°C) | PedÇıkış Sıcaklığı(2,3-2) (°C) | Dış Hava Sıcaklığı(2,3-2) (°C) |
|-------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 10.30 | 25,6 | 23,6 | 27 | 25,1 | 23,1 | 26,5 |
| 10.50 | 25,3 | 23,2 | 26,9 | 25,3 | 23,1 | 27,1 |
| 11.10 | 25,7 | 23,5 | 27,5 | 25,6 | 23,5 | 27,3 |
| 11.30 | 25,8 | 23,4 | 27,4 | 25,9 | 23,6 | 27,7 |
| 11.50 | 26,2 | 23,2 | 28,1 | 26,2 | 23,9 | 27,8 |
| 12.10 | 26,6 | 23,7 | 28,3 | 26,4 | 24,1 | 28,1 |
| 12.30 | 26,7 | 24,3 | 28,5 | 26,7 | 24,3 | 28,5 |
| 12.50 | 27 | 24,4 | 28,6 | 27 | 24,7 | 28,1 |
| 13.10 | 27,1 | 24,6 | 28,8 | 26,9 | 24,7 | 28,3 |
| 13.30 | 27,3 | 24,8 | 29,1 | 27,1 | 24,8 | 28,7 |
| 13.50 | 27,6 | 25 | 29,3 | 27,3 | 24,9 | 29 |
| 14.10 | 28,2 | 25,2 | 29,9 | 27,6 | 25,2 | 29,1 |
| 14.30 | 28,1 | 25,3 | 29,8 | 27,7 | 25,6 | 29,1 |
| 14.50 | 28,6 | 25,4 | 30,5 | 28,1 | 25,7 | 29,4 |
| 15.10 | 28,6 | 25,4 | 29,8 | 28,4 | 25,8 | 29,6 |
| 15.30 | 28,7 | 25,5 | 29,8 | 28,7 | 26,3 | 29,7 |
| 15.50 | 29,2 | 25,7 | 30,9 | 29,1 | 26,6 | 30,2 |
| 16.10 | 29,6 | 26,1 | 31,3 | 29,3 | 26,6 | 30,8 |
| 16.30 | 29,6 | 26,3 | 31,2 | 29,6 | 26,8 | 31,2 |
| 16.50 | 29,4 | 26,4 | 31,3 | 29,7 | 25,6 | 31,3 |
| 17.10 | 30,1 | 26,6 | 31,7 | 29,7 | 26,5 | 30,9 |
| 17.30 | 29,9 | 26,6 | 31,9 | 30,1 | 26,7 | 31,4 |

Çizelge EK B. 9. Negatif basınçtaki sistem içi, dış hava ve pedçıkış sıcaklıkları değişimi.

| Zaman (dk.) | Mahal Sıcaklığı (1,3-1) (°C) | Ped Çıkış Sıcaklığı (1,3-1) (°C) | Dış Hava Sıcaklığı (1,3-1) (°C) | Mahal Sıcaklığı (2,3-2) (°C) | Ped Çıkış Sıcaklığı (2,3-2) (°C) | Dış Hava Sıcaklığı (2,3-2) (°C) |
|-------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 10.30 | 24,6 | 23,3 | 25,9 | 24,3 | 22,6 | 25,4 |
| 10.50 | 25,1 | 23,2 | 26,1 | 24,6 | 22,7 | 25,5 |
| 11.10 | 25,3 | 23,4 | 26,7 | 24,7 | 22,9 | 25,7 |
| 11.30 | 25,4 | 23,5 | 26,9 | 24,9 | 23,1 | 25,8 |
| 11.50 | 25,6 | 23,6 | 27 | 25,1 | 23,2 | 26 |
| 12.10 | 25,8 | 23,7 | 27,3 | 25,5 | 23,3 | 26,6 |
| 12.30 | 26,4 | 23,9 | 27,6 | 25,7 | 23,1 | 26,9 |
| 12.50 | 26,4 | 24,1 | 27,7 | 26,2 | 23,4 | 27,4 |
| 13.10 | 26,5 | 24,3 | 27,8 | 26,2 | 23,6 | 27,6 |
| 13.30 | 26,6 | 24,4 | 27,9 | 26,5 | 23,7 | 27,7 |
| 13.50 | 26,7 | 24,5 | 28,1 | 26,6 | 23,9 | 27,8 |
| 14.10 | 26,9 | 24,6 | 28,4 | 26,8 | 24,2 | 28,1 |
| 14.30 | 27,3 | 24,8 | 29 | 27,4 | 24,4 | 28,3 |
| 14.50 | 27,5 | 24,9 | 28,9 | 27,2 | 24,6 | 29,4 |
| 15.10 | 27,6 | 25,1 | 28,9 | 27,9 | 24,8 | 30,4 |
| 15.30 | 27,9 | 25,3 | 29,4 | 28 | 24,9 | 29,3 |
| 15.50 | 27,9 | 25,4 | 29,6 | 28,3 | 25,1 | 29,1 |
| 16.10 | 28,3 | 25,7 | 29,8 | 29,1 | 25,1 | 30,3 |
| 16.30 | 29,2 | 26,1 | 31,2 | 29,4 | 25,3 | 30,4 |
| 16.50 | 29,3 | 26,3 | 30,9 | 29,5 | 25,6 | 30,8 |
| 17.10 | 29,4 | 26,4 | 30,6 | 29,7 | 26,7 | 30,7 |
| 17.30 | 29,2 | 26,5 | 30,3 | 29,6 | 26,5 | 30,5 |

Çizelge EK B. 10.Toprağa atılan ısı değişimleri.

| Zaman(dk.) | Toprağa Atılan Isı (Pozitif 1,3-1 m/s) (W) | Toprağa Atılan Isı (Pozitif 2,3-2 m/s) (W) | Toprağa Atılan Isı (Negatif 1-1,3 m/s) (W) | Toprağa Atılan Isı (Negatif 2-2,3 m/s) (W) |
|-------------------|---|---|---|---|
| 10.30 | 168,82 | 24,12 | 24,12 | 24,12 |
| 10.50 | 241,17 | 48,23 | 48,23 | 48,23 |
| 11.10 | 313,52 | 72,35 | 72,35 | 72,35 |
| 11.30 | 337,64 | 96,47 | 96,47 | 96,47 |
| 11.50 | 385,87 | 144,70 | 120,59 | 144,70 |
| 12.10 | 409,99 | 192,94 | 144,70 | 168,82 |
| 12.30 | 458,23 | 217,05 | 168,82 | 192,94 |
| 12.50 | 482,34 | 241,17 | 192,94 | 241,17 |
| 13.10 | 506,46 | 265,29 | 217,05 | 289,41 |
| 13.30 | 530,58 | 289,41 | 241,17 | 337,64 |
| 13.50 | 554,69 | 313,52 | 265,29 | 385,87 |
| 14.10 | 578,81 | 337,64 | 289,41 | 409,99 |
| 14.30 | 602,93 | 361,76 | 313,52 | 434,11 |
| 14.50 | 627,05 | 385,87 | 337,64 | 482,34 |
| 15.10 | 675,28 | 434,11 | 361,76 | 530,58 |
| 15.30 | 699,40 | 458,23 | 385,87 | 578,81 |
| 15.50 | 699,40 | 506,46 | 409,99 | 602,93 |
| 16.10 | 723,51 | 554,69 | 458,23 | 627,05 |
| 16.30 | 771,75 | 578,81 | 482,34 | 675,28 |
| 16.50 | 795,86 | 627,05 | 530,58 | 699,40 |
| 17.10 | 844,10 | 675,28 | 578,81 | 723,51 |
| 17.30 | 868,22 | 723,51 | 627,05 | 771,75 |

Çizelge EK B. 11.Havadan çekilen duyulur ısı değişimleri.

| Zaman(dk.) | Havadan Çekilen Duyulur Isı (Pozitif 1,3-1 m/s) (W) | Havadan Çekilen Duyulur Isı (Pozitif 2,3-2 m/s) (W) | Havadan Çekilen Duyulur Isı (Negatif 1-1,3 m/s) (W) | Havadan Çekilen Duyulur Isı (Negatif 2-2,3 m/s) (W) |
|------------|---|---|---|---|
| 10.30 | 29,84 | 52,80 | 14,92 | 39,03 |
| 10.50 | 62,61 | 101,20 | 44,57 | 68,67 |
| 11.10 | 96,93 | 147,40 | 74,21 | 96,75 |
| 11.30 | 134,38 | 198,00 | 103,86 | 124,84 |
| 11.50 | 181,19 | 248,59 | 135,06 | 154,48 |
| 12.10 | 226,43 | 299,19 | 167,83 | 188,81 |
| 12.30 | 263,88 | 351,99 | 206,83 | 229,38 |
| 12.50 | 304,45 | 402,59 | 242,72 | 273,06 |
| 13.10 | 343,45 | 450,99 | 277,04 | 313,63 |
| 13.30 | 382,46 | 501,59 | 311,37 | 357,32 |
| 13.50 | 423,02 | 554,39 | 345,69 | 399,44 |
| 14.10 | 469,83 | 607,19 | 381,58 | 440,01 |
| 14.30 | 513,52 | 653,38 | 420,59 | 486,82 |
| 14.50 | 563,45 | 706,18 | 461,15 | 527,38 |
| 15.10 | 613,37 | 763,38 | 500,16 | 575,75 |
| 15.30 | 663,30 | 816,18 | 540,72 | 624,12 |
| 15.50 | 717,91 | 871,18 | 579,73 | 674,05 |
| 16.10 | 772,52 | 930,58 | 620,30 | 736,46 |
| 16.30 | 824,01 | 992,18 | 668,66 | 800,43 |
| 16.50 | 870,82 | 1082,37 | 715,47 | 861,27 |
| 17.10 | 925,42 | 1152,77 | 762,28 | 908,08 |
| 17.30 | 976,91 | 1227,57 | 804,41 | 956,45 |

Çizelge EK B. 12.Havaya verilen gizli ısı değişimleri.

| Zaman(dk.) | Havaya Verilen Gizli Isı (Pozitif 1,3-1 m/s) | Havaya Verilen Gizli Isı (Pozitif 1,3-1 m/s) | Havaya Verilen Gizli Isı (Negatif 1,3-1 m/s) | Havaya Verilen Gizli Isı (Negatif 1,3-1 m/s) |
|-------------------|---|---|---|---|
| 10.30 | 30,99 | 41,51 | 21,69 | 27,89 |
| 10.50 | 58,88 | 91,76 | 51,13 | 58,88 |
| 11.10 | 94,51 | 137,63 | 80,57 | 88,32 |
| 11.30 | 130,15 | 187,88 | 111,56 | 117,75 |
| 11.50 | 176,63 | 240,31 | 145,64 | 148,74 |
| 12.10 | 226,21 | 288,37 | 178,18 | 182,83 |
| 12.30 | 266,50 | 342,99 | 216,92 | 223,11 |
| 12.50 | 309,88 | 395,42 | 251,00 | 269,60 |
| 13.10 | 348,62 | 445,67 | 283,54 | 311,43 |
| 13.30 | 388,90 | 498,10 | 317,63 | 357,91 |
| 13.50 | 432,28 | 550,53 | 353,26 | 399,75 |
| 14.10 | 480,31 | 605,15 | 392,00 | 441,58 |
| 14.30 | 525,25 | 651,03 | 429,18 | 483,41 |
| 14.50 | 576,38 | 707,83 | 472,57 | 522,15 |
| 15.10 | 627,51 | 766,81 | 512,85 | 570,18 |
| 15.30 | 675,54 | 819,25 | 551,59 | 618,21 |
| 15.50 | 729,77 | 873,86 | 590,32 | 669,34 |
| 16.10 | 788,64 | 932,85 | 630,61 | 734,42 |
| 16.30 | 839,77 | 991,83 | 677,09 | 801,04 |
| 16.50 | 887,81 | 1087,96 | 723,57 | 863,02 |
| 17.10 | 943,58 | 1166,61 | 771,60 | 912,60 |
| 17.30 | 994,71 | 1243,07 | 816,53 | 962,18 |

Çizelge EK B. 13.Pozitif ve Negatif basınç ölçümlerine göre entalpi değerleri.

| Zaman (dk.) | Pozitif (1,3-1 m/s) | | | Pozitif (2,3-2 m/s) | | | Negatif (1-1,3 m/s) | | | Negatif (2-2,3 m/s) | | |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Ped Çıkış Entalpi | Ped Giriş Entalpi | 3 Noktası Entalpi | Ped Çıkış Entalpi | Ped giriş Entalpi | 3 Noktası Entalpi | Ped Çıkış Entalpi | Ped Giriş Entalpi | 3 Noktası Entalpi | Ped Çıkış Entalpi | Ped Giriş Entalpi | 3 Noktası Entalpi |
| 10.30 | 57,1 | 57,1 | 59,1 | 53,8 | 53,8 | 55,7 | 54,4 | 54,4 | 55,8 | 52,5 | 52,5 | 54,3 |
| 10.50 | 56,4 | 56,4 | 58,2 | 54,4 | 54,4 | 56,7 | 54,7 | 54,7 | 56,6 | 53,8 | 53,8 | 55,8 |
| 11.10 | 56,7 | 56,7 | 59 | 55,4 | 55,4 | 57,5 | 55,1 | 55,1 | 57 | 53,8 | 53,8 | 55,7 |
| 11.30 | 56,4 | 56,4 | 58,7 | 56,1 | 56,1 | 58,4 | 54,7 | 54,7 | 56,7 | 54,7 | 54,7 | 56,6 |
| 11.50 | 56,7 | 56,7 | 59,7 | 57,1 | 57,1 | 59,5 | 54,7 | 54,7 | 56,9 | 54,4 | 54,4 | 56,4 |
| 12.10 | 58,4 | 58,4 | 61,6 | 57,1 | 57,1 | 59,3 | 55,4 | 55,4 | 57,5 | 53,8 | 53,8 | 56,0 |
| 12.30 | 58,4 | 58,4 | 61 | 57,7 | 57,7 | 60,2 | 56,4 | 56,4 | 58,9 | 52,5 | 52,5 | 55,1 |
| 12.50 | 58,4 | 58,4 | 61,2 | 58,8 | 58,8 | 61,2 | 56,1 | 56,1 | 58,3 | 51,5 | 51,5 | 54,5 |
| 13.10 | 59,1 | 59,1 | 61,6 | 58,4 | 58,4 | 60,7 | 56,1 | 56,1 | 58,2 | 53,8 | 53,8 | 56,5 |
| 13.30 | 58,1 | 58,1 | 60,7 | 58,4 | 58,4 | 60,8 | 56,1 | 56,1 | 58,3 | 53,8 | 53,8 | 56,8 |
| 13.50 | 60,2 | 60,2 | 63 | 59,5 | 59,5 | 61,9 | 56,7 | 56,7 | 59 | 53,4 | 53,4 | 56,1 |
| 14.10 | 61,9 | 61,9 | 65 | 60,5 | 60,5 | 63 | 56,7 | 56,7 | 59,2 | 54,4 | 54,4 | 57,1 |
| 14.30 | 61,6 | 61,6 | 64,5 | 60,2 | 60,2 | 62,3 | 57,4 | 57,4 | 59,8 | 55,4 | 55,4 | 58,1 |
| 14.50 | 61,6 | 61,6 | 64,9 | 61,9 | 61,9 | 64,5 | 58,1 | 58,1 | 60,9 | 55,4 | 55,4 | 57,9 |
| 15.10 | 63 | 63 | 66,3 | 63,8 | 63,8 | 66,5 | 58,8 | 58,8 | 61,4 | 53,4 | 53,4 | 56,5 |
| 15.30 | 64,5 | 64,5 | 67,6 | 63,8 | 63,8 | 66,2 | 58,1 | 58,1 | 60,6 | 54,4 | 54,4 | 57,5 |
| 15.50 | 65,6 | 65,6 | 69,1 | 64,5 | 64,5 | 67 | 58,8 | 58,8 | 61,3 | 54,7 | 54,7 | 58,0 |
| 16.10 | 65,2 | 65,2 | 69 | 64,9 | 64,9 | 67,6 | 59,5 | 59,5 | 62,1 | 56,1 | 56,1 | 60,3 |
| 16.30 | 65,2 | 65,2 | 68,5 | 65,6 | 65,6 | 68,3 | 63 | 63 | 66 | 56,7 | 56,7 | 61,0 |
| 16.50 | 61,6 | 61,6 | 64,7 | 64,9 | 64,9 | 69,3 | 63,8 | 63,8 | 66,8 | 56,1 | 56,1 | 60,1 |
| 17.10 | 65,2 | 65,2 | 68,8 | 66,3 | 66,3 | 69,9 | 63,8 | 63,8 | 66,9 | 57,7 | 57,7 | 60,9 |
| 17.30 | 64,9 | 64,9 | 68,2 | 66 | 66 | 69,5 | 63,4 | 63,4 | 66,3 | 57,7 | 57,7 | 60,9 |

ÖZGEÇMİŞ

Servet ESER 1989 yılında Karaman'da doğdu. İlk ve orta öğretimini aynı şehirde tamamlayarak 2008 yılında Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Öğretmenliği Bölümü'nde öğrenime başlayıp 2012 yılında mezun oldu. Aynı yıl Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans eğitimine halen devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Pirireismah. 608 sk. Eser Apt No:28/3
Merkez/KARAMAN
Tel : (506) 723 55 25
E-posta : eserservet70@gmail.com