

Prof. Dr. Abdüsselam ULUÇAM Armağanı

Sera İçi Hava Şartlarının Otomasyon Sistemi İle Üretim Kalitesinin Artırılması ile İlgili Bir Çalışma

Adem YILMAZ¹

Batman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Batman
adem.yilmaz@batman.edu.tr

Hikmet DOĞAN²

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü Ankara
hdogan@gazi.edu.tr

Özet

Bu çalışmanın esasını; seraların iç havasının özelliklerinden olan bağıl nem ve sıcaklığını istenilen değerlerde tutabilme ve ihtiyaca göre havalandırma yapabilme oluşturmaktadır. Seranın ısıtılması için; alternatif enerji kaynaklarının başında gelen güneş enerjisinden faydalanılmıştır. Tasarlanıp kurulan sistemin deneyleri sırasında elde edilen bütün verilerin izlenmesi, kontrolü ve kaydının tutulması amacıyla özel bir sera yazılımı geliştirilmiştir. Deneysel olarak bağıl nem değerleri; %30–90 aralıklarında ve sıcaklık değerleri de 20-25°C arasında tutularak elde edilen veriler kaydedilmiş olup enerji analizleri yapılmıştır. Sıcaklık ve bağıl nemi kontrol altında tutulan bu serada ürün, diğer klasik seralara göre 10-15 gün daha önce olgunluğa ulaşmış ve kalitesinin de daha yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Serada otomasyon sistemi, serada nem ve sıcaklık, Sıcaklık ve nem kontrolü

Abstract

This study based on the keeping relative humidity and temperature to the desired value and ability to create ventilation as needed. Also a specific greenhouse software program added to design in order to controlling, recording and monitoring of all data's during experiment. The datas obtained from experiment recorded as values of relative humidity are between %30–90, and experimental values of temperatures are between 20-25°C. After that energy analyses have done with this recorded data's. The greenhouse heated with heat that obtained from solar energy. In those greenhouses, products matured 10-15 days before classical greenhouses with much more quality. Additionally, if internet connection of the computer, used for recording data, is made, all the data's of relative humidity, temperature, ventilation and drip irrigation system can be observed and controlled in different desired values

Key Words: Greenhouse automation systems, humidity and temperature control in greenhouses, humidity and temperature control.

1. Giriş

Seralarda iç hava şartlarının istenilen standartlara getirilmesi; serada yetişen ürünün kalitesini, yetiştirme hızını ve daha çok ürün vermesi gibi özelliklerinin artırılmasını sağlamaktadır. Sera içi iklim özelliklerinin en önemlilerinden; iç hava sıcaklığı, bağıl nem ve karbondioksit miktarı gibi değerlerin artması veya azalması ürünün kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu çalışmada sera içindeki iklim şartlarının istenilen değerlerde tutulabileceğinin önemini vurgulamak amacı ile bir sera tasarlanmış olup, farklı iklim şartlarında deneyler yapılmıştır. Tasarımı yapılan sera sistemi, Hakkâri Üniversitesi Meslek Yüksekokulunun arazisinde kuruldu. Sistem tasarımı yapılırken Hakkâri ilinin iklim şartları ve coğrafi konumu da göz önünde bulunduruldu ve bu şartlara uygun malzemeler seçildi.

* Bu makale Adem YILMAZ'ın doktora tezinden veriler güncellenerek türetilmiştir.

Farklı zamanlarda farklı iklim şartlarının sağlanması hedeflendi. Değişik tarihlerde sera içi iklim şartlarının (sera sıcaklığı, sera içi bağıl nem, sera havası gibi) istenilen değerler arasında sabit tutulabildiği ispatlanmıştır. Kendirli (Cartoğlu) (1995), Seginer ve Zlochin (1996), tarafından yapılan çalışmalarda sera içi koşulların yeterlilikleri ve geliştirme imkânlarını incelemiştir. Çalışmalarının sonucunda seralarda kış aylarında istenilen sıcaklık değerlerinin sağlanamadığını, yaz aylarında ise sera içi sıcaklığın ve bağıl nemin yüksek olduğunu belirlemiştir [1-2]. Teitel ve Tanny (1999), Tawegoum ve arkadaşları (2000), yapmış oldukları çalışmada çatı pencerelerinin açılmasının sera içi sıcaklığını ve nemin değişmesiyle boyutsuz kütle ve enerji tasarrufuna dayalı denklemler geliştirmişlerdir. Çalışma sonucunda hava sıcaklığı ve nem oranı zamanla ve kararlı durumda bir azalış gösterdiğini belirtmişlerdir [3-4]. Ahmad (2001) ve Jain (2005) araştırmacıların seralar ile ilgili yaptıkları çalışmalarında seraların ısıtılması araştırılmış ve sera yüzeyleri kolektör olarak kullanmışlardır [5-6]. Hocagil (2003), tarafından seralarda sera içi özelliklerden bir kısmını kontrol altında tutabilmek için, “Venlo tip” bir serada araştırma yapılmıştır. Bu çalışmada, sera içinden gelen sinyaller gözlemlenmiş ve sera içi sıcaklığının ve sera içi bağıl nem değerinin kontrol edilebileceği düşünülmüştür [7]. Beyhan (2009), herhangi bir ısıtma sisteminin kullanılmadığı seralarda, bitkilerin gelişim sıcaklıklarını korumak için faz değiştiren maddede termal enerji depolamayla sera ısıtılmasını araştırmıştır. Hesaplamalar sonucunda geceleri ısıtma gerektiğinin önemini vurgulamıştır [8]. Arı (2011), tarafından yapılan birden fazla seranın, PLC ve SCADA yazılımı ile kontrolü sera içi iklimsel koşullar izlenmiş bu değerler program sayesinde bilgisayara aktarılıp izlenmiştir [9]. Tezcan (2011), tarafından yapılan çalışmada, birçok seranın farklı bölgelerine yerleştirilen, sıcaklık, rüzgâr hızı ve nemölçerler ile seralardaki değerleri ölçmüşlerdir. Yapılan çalışmalarda dış ve iç şartlardaki ölçülen sıcaklık değerleri arasında bir uyumlu değer bulunmuştur [10]. Geceseffa (2012), tarafından Doğu Anadolu Bölgesi’nde jeotermal enerji kaynakları ile sera ısıtılması, Jeotermal enerji kuyusu, kuyudan enerji çekme sistemleri, seralar ve seraların enerji ihtiyaçları, jeotermal ısıtma sistemlerinin detayları ve sera ısı ihtiyaçları ele alınmıştır [11]. Ergün (2012), çalışmasında bir seranın sıcaklık, nem, ışık ve CO₂ parametrelerinin bitkilerin ihtiyacı olan değerlerine yönelik kontrolü, “Zeki Etmen Yazılım Mimarisi” adlı bir paket programla gözlemlenmiştir [12]. Yılmaz, yaptığı çalışmada seralarda kullanılan iklimlendirme ve sulama-gübreleme sistemleri şeklinde genel olarak incelenmiştir.

Sonuçta sera otomasyonu konusunda mikro kontrol işlemcili iklim kontrol cihazı kullanılarak, seranın kontrolünü yapan bir yazılım gerçekleştirilmiştir[13]. Şevik ve arkadaşları (2014) yaptıkları çalışmada küçük ölçekli bir sera imal ederek sera içerisindeki havanın güneş enerjisi ile ısıtılıp dağıtılmasını sağlamışlardır. Sera içerisinde iklim şartlarını sağlayarak kırmızıbiber kurutmuşlardır. Sera sisteminin 120 gün verimli bir şekilde kullanıldığında kendini 4-5 yılda amorti ettiğini belirtmişlerdir [14].

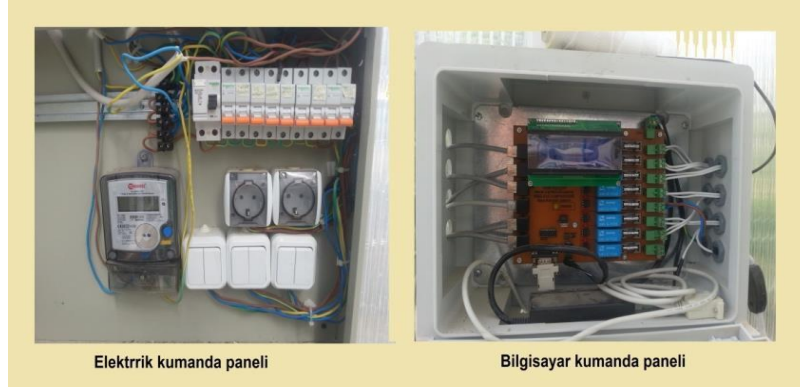
2. Seranın ve Otomasyon Sisteminin Kurulması

Tasarlanmış olan sera sistemi Hakkari Üniversitesinin bahçesine ve Hakkari iklim şartlarına (kar, yağmur, rüzgâr gibi dış tepkiler) dayanacak şekilde, kalın profil demirden 50 m²'lik bir alana inşa edildi. Seranın ısıtma için gereken çap ve boyutta, yerden ısıtma boruları döşendi. Sera içerisine dağıtım kollektörleri ayrı ayrı yerleştirilerek yerden ısıtma sistemlerinin kontrolü sağlandı. Şekil 1.'de gösterildiği gibi kollektörlerin bilgisayar ile kontrolünü sağlayabilmek amacıyla her bir sıcak su dağıtım kollektörü için ayrı ayrı (yerden ısıtma için, saksıların sulanması için vb.) selenoid vanalar yerleştirildi.



Şekil 1. Sera içi ısıtma ve sulama dağıtım kollektöründeki selenoid vanalar.

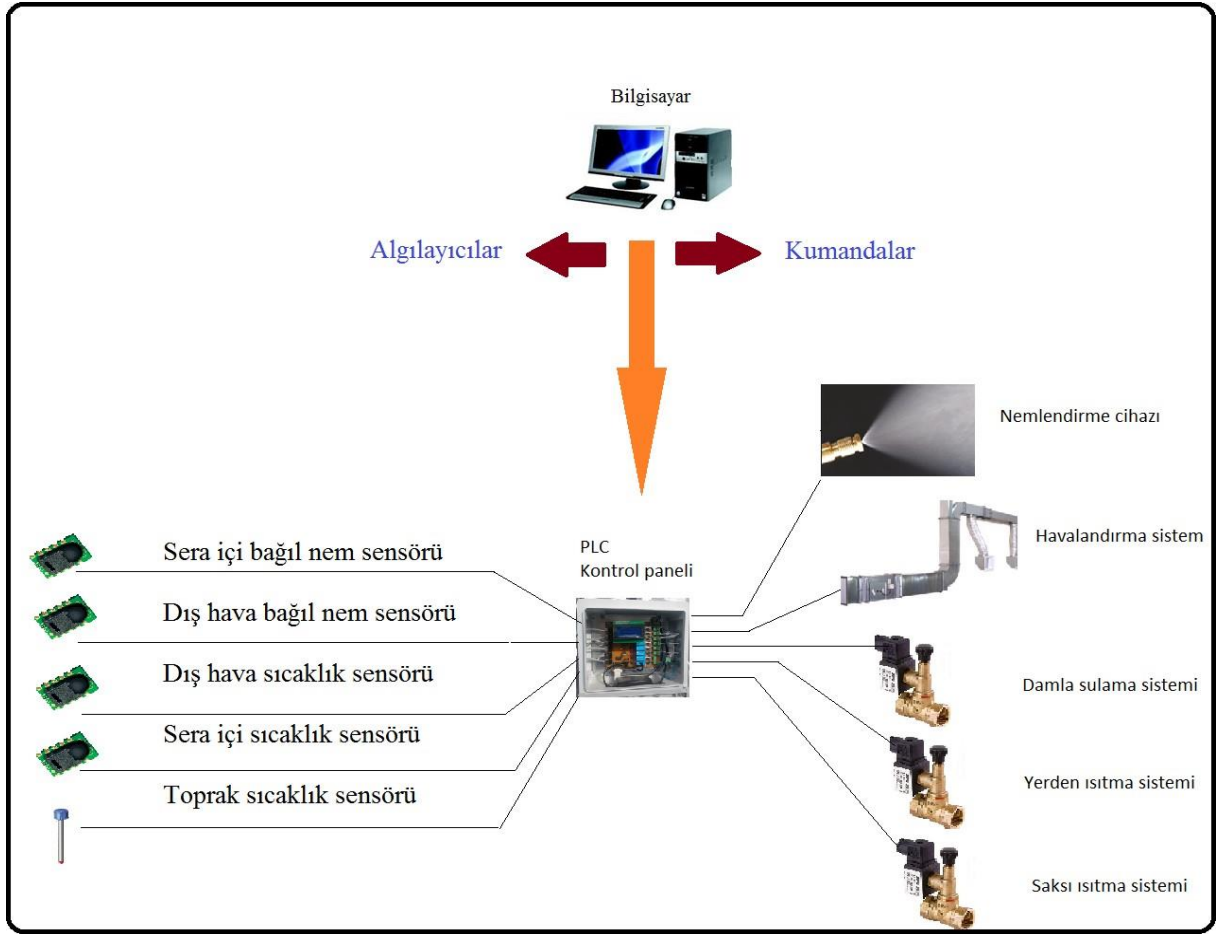
Bilgisayar kontrolü ve elektrik kontrolünü yapabilmek için Şekil 2'de ki gibi iki adet kumanda paneli kullanıldı. Sera içerisinde havalandırma yapabilmek için uygun çapta ve kapasitede hava kanalları ile havalandırma fanlarının yerleştirildi. Yerleştirilen bu fanlar seranın içerisinde taze hava ihtiyacı duyulduğunda (sıcaklığın düşürülmesi, bağıl nemin düşürülmesi vb. için) sensörler sayesinde havalandırmayı sağladı.



Şekil 2. Elektrik ve bilgisayar kumanda paneli.

Sera havasının nemlendirilmesi için su püskürtmeli bir nemlendirme cihazı kullanıldı. Nemlendirme cihazı, bilgisayar bağlantısı sayesinde PLC kontrol panelinden istenilen değerler girilerek sera içi nemlendirmesi yapılabilmektedir. Sera içerisindeki istenilen değerlerin kontrolü için sıcaklık ölçerler ve nem ölçüm cihazları uygun yerlere konularak bilgisayarla bağlantısı yapıldı. Ayrıca sera içerisinde gözlem yapabilmek için bilgisayarla bağlantısı olmayan termometreler kullanıldı.

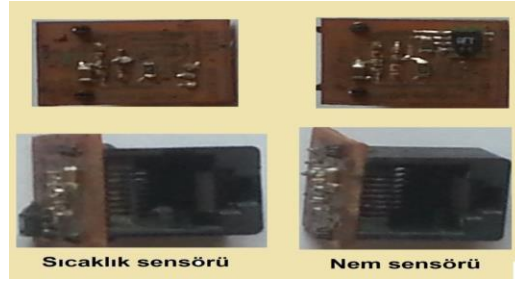
Sistemi kontrol edebilmek için bilgisayar sistemi kuruldu. Sera için hazırlanmış otomatik kontrol sistemi ve PLC sistemi birleştirildi. Böylece, PLC programı, uygun yerlere monte edilen sensörlerden aldığı verileri bilgisayar sistemine taşıyacak şekilde ayarlandı. Ürün köklerine gelecek şekilde damla sulama sistemi tesisat bağlantıları yapıldı. Damla sulama sistemi PLC kontrol paneli ile bilgisayara bağlantısı yapıldı. İstenildiği zaman diliminde ve istenildiği süre kadar sulama otomatik olarak yapılacak şekilde ayarlandı. Güneş enerjisi sistemlerinin sıcak su akış kontrolünü sağlayan kollektör bağlantıları birleştirildi. Sistem çalıştırılarak nemlendirme cihazı, ısıtma sistemi, havalandırma sistemi, PLC kontrol panel ve bilgisayarın düzgün çalışıp çalışmadığı kontrol edildi. Sistem sera içerisindeki iklim şartlarının istenilen şartlarda tutulabilmesi için gereken verilerin toplanması ve bilgisayara gönderilmesini yapmaktadır. Bilgisayara gelen veriler PLC ile birleştirilerek, istenilen değerlerin istenilen aralıklarda kalabilmesi için gerekli olan ekipmanların çalıştırılmasını sağlamaktadır. PLC ve bilgisayar bağlantısı Şekil 3.'de gösterildiği gibidir.



Şekil 3. PLC ve PC bağlantı şeması.

3. Ölçüm Cihazları ve Bağlantıları

Sera içerisinde bağıl nem değerlerini ölçmek için nem sensörleri kullanıldı. Sera içerisine yerleştirilen nem sensörleri buldukları ortamdaki nem değerini ana panele iletmektedir. Sıcaklık içinde sıcaklık sensörleri kullanıldı. Şekil 4’de sera içinde kullanılan nem ve sıcaklık sensörleri görülmektedir. Hazırlanan bir bilgisayar programı yardımıyla PLC ve bilgisayar kontrollü olarak sera ısısı, sera bağıl nem oranı, sera havalandırması ve damla sulama gibi özellikler analog ve dijital sensörler vasıtası ile izlenmiş ve bilgisayara kayıt edilmiştir. PLC sistemi sera için hazırlanmış bir yazılım sayesinde bilgisayar bağlantısı yapılmıştır.



Şekil 4. Bağlı nem ve sıcaklık sensörleri.

Kullanılan tüm cihazların kapasiteleri tasarlanmış olan seranın hesaplamalarına uygun olarak seçilmiştir. Program seraya konulan bir bilgisayara yüklenerek PLC kartından bir kablo ile bağlantı yapıldı. İnternet bağlantısının bulunduğu herhangi bir yerden programa girerek programın kontrolünü yapmak mümkün oldu. Program bilgisayarda açıldığında Şekil 5’de görüldüğü gibi sistem hakkında veriler görülmektedir.



Şekil 5. Sera için hazırlanan programın bilgisayar görüntüsü.

Bu veriler; sera iç bağıl nemi, sera dış bağıl nemi, sera iç sıcaklığı, sera dış sıcaklığı gibi seranın anlık verileridir. Hesaplamalar için gerekli olan tüm iç ve dış iklim verileri (sıcaklık, bağıl nem, güneş radyasyonu, rüzgar hızı vb.) ölçülmüştür. Sistem, ekranda görülen verileri istenildiği süre aralığında kaydedebilmektedir. Ekran çıktısında görüldüğü gibi sera iklim şartlarının ve dış iklim şartlarının değerleri görülebilmektedir. Güneş enerjisine ve sıcak su deposuna bağlı olan sıcaklık değerlerini ölçüp bilgisayara aktarmak için OM-DAQPRO-5300 kodlu OMEGA cihazı kullanıldı. İç ve dış ortamın

rüzgâr hızı da Skywatch marka anemometre ile ölçülmüştür. Tüm cihazların bağlantıları yapıldıktan sonra bilgisayar programı çalıştırılarak, sera iklim şartlarının ölçümlerinin yapılıp yapılmadığı kontrol edildi. Daha sonra deneyleri yapabilmek için örnek değerler girilerek sistemin ve bilgisayarın kontrolü yapıldı. Sistem çalıştırıldığında cihazların çalışmaları test edildi. Örneğin sera içi bağıl nem değeri % 50-70 olarak ayarlandığında, anlık bağıl nem değeri %50'nin altına düştüğünde, bilgisayar otomatik olarak PLC kartına sinyal göndererek, nemlendirme cihazı devreye girmekte ve sera içerisindeki bağıl nem miktarı artmaya başlamaktadır. Sistem, sera içerisindeki bağıl nem miktarı %50'yi geçtikten sonra tekrar sinyal göndererek açık olan nemlendirme cihazını kapatmaktadır. Aynı şekilde bağıl nem miktarı maksimum değer olan %70 değerini geçince sinyal gönderir ve havalandırma fanlarını devreye sokarak içeriğin havalanmasını sağlamaktadır. Havalandırmanın çalışması ile içerideki bağıl nem oranının düşmektedir. İstenilen değer altına indiğinde ise tekrar sinyal göndererek havalandırma fanlarını devre dışı bırakılmaktadır.

4. Teknik ve Ekonomik Analiz

Seranın iklim şartlarının sağlanmasında en önemli faktör ısıtma gideridir. Seranın ısıtılmasında alternatif enerji kaynaklarından faydalanılması durumunda maliyet oldukça azalmaktadır. Isıtma için gerekli ısı miktarı, sera örtüsünün ısı iletim katsayısına, sera dış yüzey alanı büyüklüğüne, sera tipi ve yüksekliğine göre değişmektedir. Sera yüksekliğinin Türkiye koşulları için en az 2,00-2,20 m arasında ve toplam sera mahya yüksekliğinin ise 3,5-4,0 m arasında olması gerekmektedir [15]. Tasarlanan seranın yüksekliği 2,5 m ve mahya yüksekliği de 3,7 m olarak yapılmıştır. Seraları ısıtmak için en avantajlı kaynaklardan birinin güneş enerjisi kaynağı olduğu düşünülebilir [16]. Yapılan seraya ne kadar ısı verileceği veya seradan ne kadar ısı çekileceği aşağıdaki eşitlikler dikkate alınarak hesaplanmıştır.

$$Q = Q_k - (Q_{GE} + Q_{IP} + Q_{KOLL}) \quad (1)$$

Eşitlikte;

Q : Seranın ısı ihtiyacı (W)

Q_k : Seradan kaybolan toplam ısı miktarı (W)

Q_{GE} : Güneş enerjisinden kazanılan ısı miktarı (W)

Q_{IP} : Isı pompasından kazanılan ısı miktarı (W)

Q_{Koll} : Güneş kolektöründen kazanılan ısı miktarı (W), olarak verilmiştir.

Vakum tip güneş kolektörü için enerji dengesi;

$$A_t * I = Q_k * Q_f * Q_d \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada;

Q_k : Işınım, taşınım ve iletimle olan ısı kayıplarının toplamı (W)

Q_f : Akışkana geçen enerji (W)

Q_d : Depolanan enerji (W)

A_t : Faydalı yüzey alanı (m²)

I : Kolektör üzerine gelen güneş ışınımıdır (W/m²)

Sera havasının nemlendirilmesi ve nem çekilmesi işlemi sırasında h,x-Mollier diyagramı kullanılmıştır. Sistemde kullanılan ekipmanların gücünü bulmak için;

$$\dot{X} = \dot{m} \cdot \Delta x \quad (3)$$

$$\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho \quad (4)$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot (h_3 - h_4) \quad (5)$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot (h_3 - h_2) \quad (6)$$

eşitliklerden yararlanılmıştır. Eşitliklerde;

\dot{X} : Saatte çekilen nem miktarı (kg/h)

x : Havanın mutlak nemi (g/kg)

\dot{m} : Havanın kütleli debisi (kg/h)

\dot{V} : Havanın hacimsel debisi (m³/h)

ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m³)

h : Entalpi (kJ/kg)

\dot{Q} : Isıtıcının ve soğutucunun gücü (W) olarak verilmiştir.

Kurulumu yapılan seranın maliyetinin ve amortisman giderlerinin belirlenmesi için ekonomik analizinde yapılması gerekmektedir. Böylece yapılan sistemin ekonomik açıdan da verimli olup olmadığı tespit edilebilir. Kurulumu yapılan sera 50 m²'lik

olmakla birlikte otomasyonu ve ilk yatırım maliyeti hesaplandığında ortalama 20 000 \$'dır. Sistemin hurda değeri 2 000 \$'dır. Seranın kurulduğu ilin iklim koşulları göz önünde alındığında ortalama 8 ay çalıştırılabileceği düşünülmektedir. Kurulmuş olan sera sisteminin amortisman giderleri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır [15].

$$D_t = \frac{C_{sp} - S_v}{n} \quad (7)$$

Eşitlikte,

D_t : Sera sisteminin amortisman gideri (\$/yıl),

n : Sera sisteminin faydalı ömrü (yıl),

S_v : Seranın hurda değeri (\$) ve

C_{sp} : Sera sisteminin şimdiki değeri (\$) olarak ifade edilebilir.

Geri ödeme süresi, bir yatırımda sağlanan nakit girişlerinin, yatırım miktarının karşılayabilmesi için gerekli süresidir. Geri ödeme süresi, bir yatırımın kendisini ne kadar hızlı geri ödeyebileceğinin bir göstergesidir [15].

$$\text{Geri ödeme dönemi} = \frac{\text{Yatırım tutarı}}{\text{Yıllık net nakit girişi}} \quad (8)$$

Ayrıca sistem için yatırım karlılığı ise;

$$\text{Yatırım karlılığı} = \frac{\text{Yıllık ortalama net nakit girişi}}{\text{Yatırım tutarı}} \quad (9)$$

şeklinde ifade edilebilir.

5. Deneilerin Yapılışı ve Dene Verilerinin Değerlendirilmesi

Seranın iklim şartlarının uygun şekilde değerlendirilmesi açısından seraya ürün dikilmeden en düşük ve en yüksek değerler arasında deneyler yapılarak test edilmiştir. Bilgisayara bağlı olan kontrol ünitesi sayesinde istenilen şartlarda elde edilen verilerin tamamı bilgisayara kaydedilmiştir. Daha sonra seranın amacına uygun olarak salatalık ürünü dikildi ve salatalığın en uygun şekilde yetişebilmesi için gerekli olan iklim

şartları sisteme girildi ve sistem girilmiş olan değerler arasında çalıştırılarak bilgisayara kayıtlar yapıldı.

5.1. Deneylerin yapılışı

Deneylere başlandığında, öncelikli olarak seraya ürün dikilmeden seranın istenilen değerler aralığında tutulup tutulmadığını görmek için; sıcaklık değeri ortalama olarak, 17°C alt sınırı ve 35°C üst sınırı ele alınarak sıcaklığın girilen değerler aralığında sabit tutulduğu görülmüştür. Bağıl nem değeri ortalama alt sınır % 30, üst sınır ise % 90 alınarak, bağıl nemin de kontrol edildiği görülmüştür. Daha sonra seraya salatalık dikilerek sıcaklık değeri (20-25°C) ile bağıl nem değerleri (% 60-80) sisteme girildi. Günlük olarak alınan veriler değerlendirildiğinde sıcaklığın ve bağıl nem değerinin istenilen aralıklarda kaldığı görülmüş oldu. Deneylerde sırasında kullanılan ölçü aletleri ve özellikleri tablo 1’de verilmiştir [16].

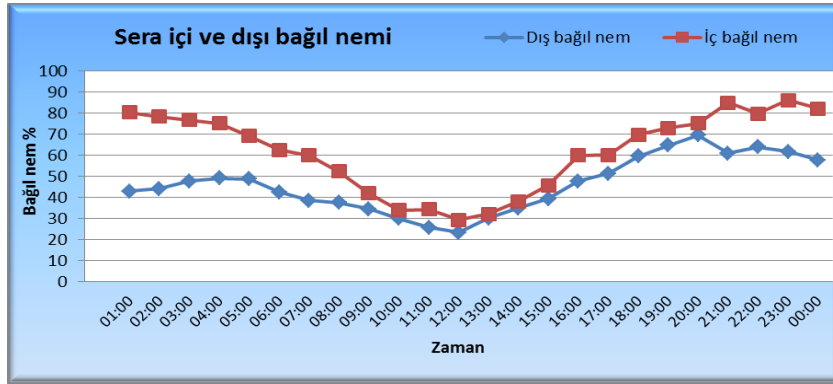
Tablo 1. Deneylerde kullanılan ölçüm aletleri.

Ölçüm aletleri	Özellikleri
Sıcaklık ölçüm cihazı	<i>Omega OM-DAQPRO-5300 (NTC 10KΩ, 25 to 150 °C)</i>
Hava hızı ölçüm cihazı	<i>Ölçüm özellikleri: km/h, m/s (1.1 - 150 km/h)</i>
Manuel sıcaklık ve nem ölçüm cihazı	<i>Bağıl nem ve sıcaklık probu (Nem % 30- 90, Sıcaklık -20 ile +70 °C)</i>
Işınım ölçer	<i>- 15 ° C 60 °C, - Frekans 1999 ve Mu; W/cm² (50mhz-2000mhz)</i>
Sıcaklık ve nem sensörü	<i>Çıkış sıcaklıkla doğru orantılı 0V – 5V (-20°C - 100°C)</i>
Termometre (Termokupl)	<i>K tipi termokupl girişli (-50 ile +1372 °C)</i>

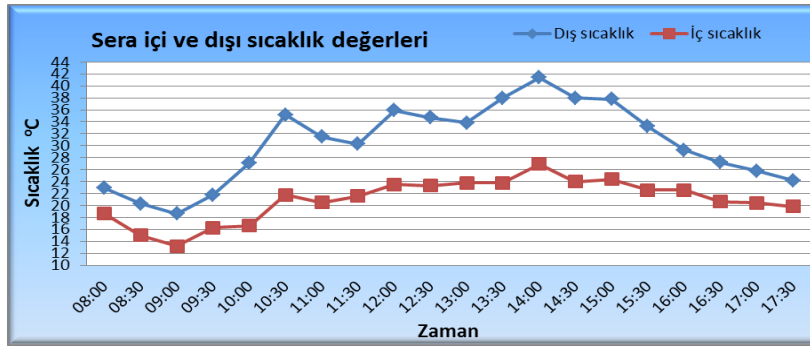
5.2. Deney verilerinin değerlendirilmesi

Sera için yapılan otomasyon hazır hale geldiğinde sera içi ortam havası bağıl nem değerleri %30 ile %90 aralığında %10 aralıklarla bilgisayara girilerek, bu değer aralıklarında kalıp kalmadıkları test edilmiştir. Şekil 6’da otomatik kontrolsüz bağıl nem değerlerinin değişimi verilmiştir. Sera içi bağıl nem değerleri görüldüğü gibi; bağıl nem değerleri %80 ile %24 arasında çok farklılık göstermektedir. Şekil 7’de de hiçbir otomasyon yapılmadan sera içi ve dışı sıcaklık değerleri gösterilmiştir. Eğer ürün bu şekli ile dikilmiş olsaydı, istenilen nem ve sıcaklık ayarı sabit tutulmadığından sera

içerisinde yetiştirilen ürünün kalite bakımından ve ürün özellikleri bakımından uygun şartlarda yetişmemiş olacaktır.

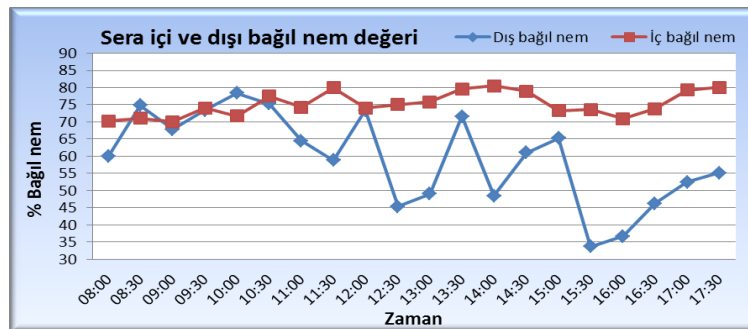


Şekil 6. Sera içi ortam ve dış ortam bağıl nem değerlerinin değişimleri.



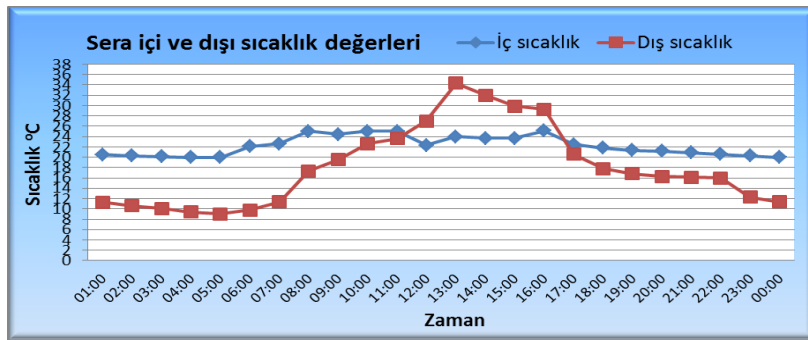
Şekil 7. Sera içi ortam ve dış ortam sıcaklık değerlerinin değişimleri.

Sistem çalıştırılmadan önceki ölçüm değerlerinde çok farklı aralıklarda olduğu grafiklerde görülmektedir. Kurulmuş olan sistem çalıştırılıp bağıl nem değeri de %70-80 aralığına ayarlandığında ölçülen bağıl nem değerleri Şekil 8'deki gibi istenilen değerler arasında sabit kaldığı gözlenmiştir.



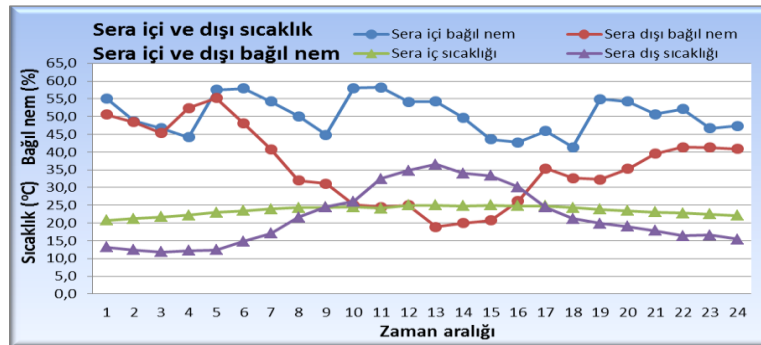
Şekil 8. Sera içi ortam ve dış ortam bağıl nem değerlerinin değişimleri.

Şekil 8’de görüldüğü gibi rüzgâr hızındaki değişmeden dolayı dış bağıl nem de dalgalanmaların olduğu görülmektedir. Bağıl nem gün içinde belirli aralıklarda, %28 ile %79 aralığında inip çıkmıştır. Eğer sera içinde bir otomasyon sistemi kurulmasaydı, sera içinde de benzer bir şekilde inip çıkmalar görülecekti. Bağıl nemdeki bu dengesizlik istenmemektedir. Şekil 8’deki bağıl nem grafiğine baktığımızda, sera içindeki bağıl nemin dış havadan etkilenmediği görülmektedir. Bağıl nem değeri sınır değer olan %80’e ulaşınca otomasyon sistemi devreye giriyor ve iç havanın bağıl nemini düşürüyor. Böylece dış havanın artan bağıl neminden etkilenmeyen iç havanın bağıl nemi sabit kalmaktadır. Nem değeri istenilen değer altına düştüğünde ise gerekli olan nem, otomasyon sisteminin devreye girmesiyle, nemlendirme cihazı tarafından tamamlanmış olmaktadır.



Şekil 9. Sera iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarının zamana göre değişimi.

Şekil 9’da sera içinde otomasyon sisteminin kumanda ettiği sıcaklık değerleri görülmektedir. Dış sıcaklık oldukça hareketli bir şekilde dalgalanırken iç sıcaklığın istenilen değerler olan 20 ve 25 °C aralığında sabit kaldığı görülmektedir. Şekil 10’da da sera ya ürün dikildikten sonra sera iklim şartlarının dikilen salatalık ürününe göre ayarlanarak elde edilen grafik görülmektedir.



Şekil 10. Bağıl nem ve sıcaklık değerlerinin değişimleri.

Salatalığın ihtiyaç duyduğu 20- 25 °C sıcaklık değeri ve % 40-60 bağıl nem değeri otomasyonda ayarlanmıştır. Şekil 10'daki grafikten anlaşıldığı gibi sera dışındaki sıcaklığın ve bağıl nemin oldukça farklılık göstermesine karşın, sera içi bağıl nem değerinin %40-60 aralığında ve sıcaklık değerinin de 20-25°C aralığında olduğu görülmektedir. Sera içindeki bağıl nem değerinin 24 saat boyunca istenilen değerler aralığında kaldığı görülmüştür.

5.3. Ürünlerin kontrolü ve karşılaştırma işlemi

Normal otomasyonsuz sera ile otomasyonlu seraya aynı anda salatalık dikilmiştir. Otomasyonlu serada yetişen ürünün, klasik serada yetişen ürüne göre daha düzenli geliştiği görülmüştür. Normal serada salatalık fideleri yavaş bir gelişim gösterirken otomasyonlu serada daha gür ve fazlaca bitkinin olduğu gözlemlenmiştir. Normal serada çiçeklenme geç olurken, otomasyonlu serada çiçeklenme ortalama 10-15 gün daha önce açarak yaprakların ve dalların daha belirgin bir şekilde büyüdüğü gözlemlendi. Ana amaç seranın içindeki nem ve sıcaklık gibi iklim özelliklerinin otomasyon sayesinde istenilen değerler arasında sabit tutulmasıdır. Yapılan deneylerde nem ve sıcaklık değerleri istenilen aralıklarda sabit tutulduğu gözlemlenmiştir. Bunun sonucunda da otomasyonlu seradaki ürünler normal seradaki ürünlere göre tohumdan çiçeklenmeye, fide gelişiminden ürün oluşumuna kadar ortalama 10-15 gün gibi bir süre daha hızlı geliştiği gözlemlenmiştir.

6. Sonuç

Seralarda iç hava özelliklerini belirleyen; sıcaklık, bağıl nem ve taze hava miktarının istenen değerler aralığında tutulamaması; maliyetin ve üretim süresinin artmasına bunun yanında ürün kalitesinde azalmasına sebep olmaktadır. Sera içerisinde olması gereken bağıl nem, ısıtma, soğutma, sulama, havalandırma vb. sera içi iklim özellikleri otomasyon sistemi ile kontrol edilmiş olup, sera içerisinde yetiştirilecek ürünün özelliklerine göre, belirli değer aralıklarında tutulmuştur. Yapılan deneyler ve analizler, böyle bir sistem sayesinde sera iklim şartlarının otomasyonlu olarak başarılı bir şekilde kontrol altında tutula bileceği ispatlanmıştır. Sistemdeki otomatik kontrol, sera için

yazılmış olan bilgisayar programı ile sağlanarak, sera içi iklim istenilen değerlerde tutulabilmektedir. Otomatik kontrol sisteminde PLC denetleyiciler kullanılmış ve kontrolün hassas bir şekilde yapıldığı görülmüştür. Otomatik kontrollü olarak yapılan serada yetiştirilen ürünlerin, diğer klasik seralarda yetiştirilen ürünlere göre daha kaliteli ve yetiştirme süresinin de yaklaşık 15 gün kadar kısaldığı deneysel olarak görülmüştür. Bu çalışmada tasarlanan ve deneysel olarak incelenen seranın kontrolünün otomatik olarak yapılması ve alternatif enerji kullanarak gerekli ihtiyaçların karşılanması ile verimli bir sistem olduğu görülmüştür. Yapılan sera otomatik kontrollü ve güneş enerjili olarak düşünülmeseydi, güneşten alınan enerjinin tamamını başka kaynaklardan karşılamak durumu doğacağından işletme maliyeti yükselecek ve ürün daha pahalıya elde edilmiş olacaktır. Otomasyonlu sera ile ürünlerin kalitesi artmış, hem zamandan hem de enerji ve işçilikten ciddi oranda tasarruf edilmiştir. Prototipi kurulan sistem, sıcaklık, bağıl nem, sulama ve havalandırma kontrolünün gerekli olduğu bir serada başarılı bir şekilde çalıştırılmıştır. Geliştirilen sistemin bu tür uygulamalarda çalıştırılabilirliği ortaya konmuştur. Sistem büyütülerek ticari amaçla ürün yetiştiriciliğinde verimli bir şekilde kullanılabilir.

5.Kaynaklar

- [1] Kendirli (Cartoğlu) B.,(1995), “Yalova Ve Çevresindeki Kesme Çiçek Seralarında Sera İçi Koşulların Yeterlilikleri Ve Geliştirme Olanakları”, *Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara, (180)*.
- [2] Seginer I., Zlochin I., (1996), “Night-Time Greenhouse Humidity Control With A Cooled Wetness Sensor, *Agricultural And Forest Meteorology*”, 85 (1997), *Agricultural Engineering Department, Technion, Israel, 4 September 1995; revised 23 April, 269-277*.
- [3] Teitela M., Tannyb J. , (1999), “Natural Ventilation Of Greenhouses: Experiments And Model”, *Agricultural And Forest Meteorology*”, 96 (1999) 59±70, *Israel*.
- [4] Tawegoum R., Teixeira R., Chasse'riaux G., (2000), “Simulation Of Humidity Control And Greenhouse Temperature Tracking İn A Growth Chamber Using A Passive Air Conditioning Unit”, *Control Engineering Practice*, 14 (2006) 853–861, *France*.
- [5] Ahmad N. T., (2001), “Agricultural solar air collector made from low cost plastic packing film”, *Renewable Energy*, 23: 663–671.
- [6] Jain D., (2005), “Modeling the performance of greenhouse with packed bed thermal storage on crop drying application”, *J. of Food Engineering*, 71: 170-178.

- [7] Hocagil M. M., (2003), “Seralarda Sıcaklık Ve Bağıl Nem Kontrolü Üzerine Bir Araştırma”, *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Adana, (69)*.
- [8] Başak M., (2009) “Santral Atık Isılarıyla Seraların Isıtılması”, *Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul*.
- [9] Arı Y. S., (2011) “Birden Fazla Seranın, Plc Ve Scada Yazılımı İle Kontrolü Ve İnternet Üzerinden İzlenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Anabilim Dalı, İstanbul*.
- [10] Tezcan A., (2011), “Doğal Havalandırılmalı Seralarda Ölçülen Ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği İle Simüle Edilen Sera İçi İklim Etmenlerinin Karşılaştırılması”, *Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü , Tarımsal Yapılar Ve Sulama Anabilim Dalı, Antalya, (103)*.
- [11] Geceseffa Ö. F., (2012) “Erzurum Yöresindeki Jeotermal Enerji Kaynaklarının Seraların Isıtılmasında Kullanımı Ve Geliştirilen Excel Programıyla Yöre Koşullarına Uygun Sera Tasarımı”, *Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Erzurum*.
- [12] Ergün S., (2012), “Zeki Etmenler İle Sera Kontrolü”, *Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik – Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Isparta,(103)*.
- [13] Yılmaz C., “Seralar İçin Çok Fonksiyonlu Akıllı Kontrol Sistemleri”, *Elimko Elektronik İmalat Ve Kontrol Ltd. Şti., Ww.Elimko.Com.Tr, Ankara*,
- [14] Şevik, Ş., Aktaş M., Doğan H., Yılmaz A., (2014), “Küçük Ölçekli Sera Tipi Bir Kurutucuda Kırmızı Biber Kurutulmasının Termoekonomik Analizi”, *Politeknik Dergisi, Cilt:17 Sayı: 4 143-152*.
- [15] Yılmaz A., (2014), “Hakkâri Şartlarında Sıcaklık Ve Bağıl Nemin Plc İle Denetlendiği Güneş Enerjili Sera Sistemi”, *Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara*.
- [16] Rathore N. S. and Panwar N. L., (2010) “Experimental studies on hemi cylindrical walk-in type solar tunnel dryer for grape drying”, *Applied Energy, 87: 2764– 2767*.
- [17] Yılmaz A., Doğan H., (2014), “ Isı Pompası Destekli Güneş Enerjili Nem Kontrollü Bir Seranın Deneysel Analizi”, *2. Ulusal İklimlendirme Soğutma Eğitimi Sempozyumu ve Sergisi 23-25 Ekim 2014, Balıkesir*.