

YENİ NESİL SERACILIK YARI-KAPALI SERA TEKNOLOJİLERİ

Ahmet Kürklü¹

1. GİRİŞ

Ülkemiz modern seracılık açısından son derece elverişli iklim bölgelerine ve doğal kaynaklara sahip ve seracılığın hızlı geliştiği bir ülkedir. Sera yatırımları ve sera teknolojileri konusundaki yerli üretim çabaları devam etmektedir. Dünyada seracılık teknolojileri de baş döndürücü bir hızla gelişmektedir. Bu teknolojilerden birisi de yarı-kapalı sera teknolojileridir. Yarı-kapalı seralar sundukları çok sayıda avantaj nedeniyle yakın gelecekte en çok yeğlenecek sera tipi olmaya adaydır.

Bu yazıda, ülkemizin sera teknolojileri açısından durumu ve yarı-kapalı sera teknolojilerinin, bu konuda çalışma veya üretim yapmak isteyenlere yardımcı olacak şekilde, detayları verilmeye çalışılmıştır.

Yarı-kapalı sera teknolojisi ve otomasyon sistemi, mevcutlardan oldukça farklı olup son derece ileri mühendislik çalışmaları içermektedir. Bu nedenle, ülkemizin bu konuyu öncelikli araştırma ve üretim konusu olarak ele almasında ülkemiz açısından önemli yararlar olacaktır.

2. GENEL

Seracılığın ilk yapılmaya başlandığı andan itibaren, bir

bölgenin seracılığa uygunluğunun belirlenmesinde tek kriter olarak ışık alınır ve yaklaşık 7-8 MJ/m²g altında ışık alan bölgeler, seracılığa uygun sayılmazdı. Ancak günümüzde, ülkemizin hemen her bölgesinde jeotermal sıcak su kaynakları bulunmakta, çıkarılmakta, bu ise o bölgelerde seracılığı son derece cazip hale getirmektedir. Bu nedenle artık modern sera yatırımında bölge seçiminde birinci öncelik, ışıktan çok o bölgede jeotermal kaynak bulunabilirliğine kaymış durumdadır. Çünkü, yetersiz olan ışığı ek ışıkla tamamlamak olasıdır. Ancak seranın ısıtılması da son derece önemlidir. Jeotermal kaynak kullanılmayan modern bir seranın, bölgeye göre değişmekle beraber, uygun bir sera içi sıcaklığı sağlamadaki yakıt gideri, toplam işletme giderleri içerisinde en yüksek paya (yaklaşık en az %40) sahiptir. Dolayısıyla jeotermal sıcak suyu olan bölgelerde yatırım yapılması durumunda sadece ısıtmadan ciddi bir tasarruf (+kâr) söz konusudur. Ayrıca, jeotermal sıcak sudan yararlanılarak, hem kışları çok soğuk olan bölgelerde, hem de yazın maksimum sıcaklıkların 30 °C olan yerlerde, yaz - kış üretim yapılabilirceğinden, birim alandan, diğer bölgelere göre, çok daha yüksek verim almak olasıdır.

Modern seracılıkta kullanılan üretim ve kontrol teknolojileri her geçen gün yenilenmektedir. Bu sektörde artık

¹ Prof. Dr. , Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya - ahmetkurklu@akdeniz.edu.tr

teknoloji o kadar ilerlemektedir ki, "durursanız düşerseniz" yerine "koşmazsanız düşerseniz" tanımının geçerli olduğu söylenebilir. Ülkemiz, sera ve sera teknolojileri imalat sektörü bu anlamda elinden geleni yapmakta ancak genelde yenilikler kopyalama şeklinde olmaktadır. Sektörde ar-ge ve yeniliklere ve buluşlara ciddi bütçe ayrılmamaktadır.

Klasik teknolojik seracılıkta, venlo tip cam sera veya gotik tip plastik seralar tercih edilmektedir. Bu seralar, gerekli teknolojilerin tamamını içeren ama sera iklimini istenen oranda kontrol edemeyen seralardır. Son zamanlarda, yarı-kapalı ("semi-closed") veya kapalı sera üretim teknolojileri gelişmektedir. Bunlardan tam kapalı olanları "bitki fabrikaları, içsel tarım, düşey tarım" gibi isimlendirilmektedir. Bu teknolojiler genelde birim maliyetleri çok yüksek teknolojiler olup bu teknolojilerin kullanımıyla dünyada henüz ticari ölçekte kârlı üretim yapılamamaktadır. Ancak, yarı-kapalı seralar bu anlamda çok daha düşük maliyetli ve normal seralara kıyasla çok daha ileri düzeyde iklim kontrolü sağlayabilen sistemler içermektedir. Bu seralar "yeni nesil" seralardır. Bu seralarda temel amaç, on iki ay sera içerisinde üretime devam edebilmektir. Bu nedenle, normal seralarda, aynı iklim şartlarında ve aynı bitkisel üretim teknolojilerini kullanarak üretim yapıldığında birim alandan alınan verim, yarı-kapalı seranın bazen yarısı, bazen de 2/3'ü civarındadır. Yarı-kapalı seralardan birim alandan alınabilecek verim üst sınırı çok daha yüksektir. Yatırımın geri ödeme süresi açısından bakıldığında, yarı-kapalı sera yatırım gideri normal seraya oranla %30-40 daha fazla olmasına karşın, birim alandan çok daha yüksek verim alınabilmesi nedeniyle, yatırımın geri ödeme süresi, normal seradan daha kısadır.

Hidroponik (topraksız) yüksek teknoloji üretilen pazarı gittikçe genişlemektedir ve bu pazar 2020 yılında 9,5 milyar USD iken 2026 yılına kadar 17,9 milyar USD'ye çıkacağı öngörülmektedir [1]. Başka bir raporda, Avrupa'da aynı sektörün pazar payının 2021 yılında 182,1 milyar USD olduğu, bunun 2026 yılında 200,21 milyar USD'ye çıkacağı öngörülmektedir [2]. Ülkemizin bu sektördeki payına ilişkin veri bulunmamaktadır.

Yüksek teknoloji seralar ilk olarak Hollanda'da ortaya çıkmış ve yapılmış olup 2019 yılı itibari ile 10.000 hektar alana ulaşmıştır. Bu seraların %95'ten fazlası da topraksız üretim yapan cam seradır [3]. Yüksek teknoloji seralarda, birim alana düşen en fazla verim, en yüksek pazar fiyatı ve

en fazla gelir Hollanda'dadır [4]. Bunu başarabilmek için de Hollanda özel ve resmi kurumları, "döngüsel seracılık" kavramıyla, orijinal fikirler ve uygulamalar geliştirmektedirler [5].

Yoğun seracılık yapılan ülke sıralaması Çin, İspanya, Güney Kore, Japonya ve Türkiye'dir [6]. Türkiye, yaklaşık 35.000 ha'lık sera alanı ile Avrupa'da İspanya'dan sonra ikinci sırada bulunmaktadır [7]. Türkiye 2001 yılı itibari ile modern sera varlığına sahip değildir [4]. Ancak, Türkiye'de topraksız üretim 1995'te başlamış ve 2009 yılı itibari ile toplam topraksız (teknolojik) sera varlığımız 185 ha'a ulaşmış olup, bu seraların %37'sinde, ısıtmada jeotermal enerji kullanılmıştır [8]. Tarım ve Orman Bakanlığı 2022 yılı verilerine göre, Türkiye'deki yüksek teknoloji topraksız sera varlığı 1.300 ha'a ulaşmıştır [7]. Bu değer toplam "sera" varlığımızın %1'inden azdır (İspanya'da bu değer %40, Hollanda'da %95 olarak dikkate alınabilir). Bu seralarımızın yaklaşık %35'lik kısmı jeotermal enerji ile ısıtılmakta olup, dünyada seracılıkta en çok jeotermal enerjinin kullanıldığı ülke de Türkiye'dir.

Yarı-kapalı seralarda genelde sebzeler ve orkide/gül üretilmektedir. Sektörün pazar durumuna da kısaca göz atmakta yarar bulunmaktadır. Hollanda'da 2019 yılı itibari ile taze domates tüketimi kişi başına 7,4 kg iken ABD'de bu değer 9,1 kg olmuştur [3]. Avrupalıların %55-95'i düzenli olarak domates yemektedir [9]. Aynı rapora göre, bir İtalyan yılda ortalama 75 kg çeşitli domateslerden yemektedir. Tarım Bakanlığı verilerine göre, ülkemizin 2019 yılı kişi başı domates tüketimi 114 kg'dır [7].

Gül açısından bakıldığında da yarı-kapalı seralar en ideal seralardır (nedenleri daha sonra açıklanacaktır). Ülkemizde yaklaşık 24 ha gül üretim alanı vardır, bu ise toplam çiçek üretim alanının %2'si kadardır. Bu seralardan yılda yaklaşık on beş milyon gül dalı üretilmekte, bu ise toplam kesme çiçek üretimimizin %1,4'ünü oluşturmaktadır [10]. Bu rapora göre, ülkemiz 2019 yılında dünya kesme çiçek üretiminde yirmi beşinci sıradadır. Dünyanın en büyük gül ihracatçısı Hollanda'dır.

3. SERALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLENDİRME

Teknolojik seralarda genel olarak sıcaklık, nem, karbondioksit (CO₂), ışık seviyesi ve hava hareketi kontrol edilmektedir. Geleneksel seralarda bu kontroller geniş bir bant aralığında gerçekleştirilmekte, yani sera iklimi optimum bitki

aktivitesini sağlayacak şekilde kontrol edilememektedir. Bu durumda da "bitki fabrikası" verimli çalışmamakta, vermesi gereken ürünü vermemektedir.

Dolayısı ile bütün bu faktörleri kontrol eden ve enerji, CO₂ ve su tasarrufu sağlarken yüksek verim alınabilen bir sera tipi olarak yarı-kapalı seralar öne çıkmaktadır.

Günümüzde, "yarı-kapalı" sera diyebileceğimiz birçok uygulama bulunmaktadır. Bu uygulamalarda, özellikle seranın serinletme sistemleri çok önemlidir. Serada serinletme amacıyla sisleme, evaporatif petekler (PAD) veya soğutucu ("chiller") sistemini içeren aktif soğutma sistemleri kullanılmaktadır. Yarı-kapalı seralarda, evaporatif soğutma ve aktif soğutma kullanılmaktadır. Evaporatif soğutma, hava bağıl neminin düşük olduğu, ülkemizin iç, doğu ve batı Anadolu kesimlerinde çok etkili olurken, hava bağıl neminin genelde yüksek seyrettiği bölgelerde ise aktif (su soğutmalı) sistemler (chiller") etkili olmaktadır. Yarı kapalı seralar konusunda literatürde farklı çalışmalar bulunmaktadır [11-19]. Yarı-kapalı seralarla ilgili yapılan araştırmalarda elde edilen genel sonuçlar, normal teknolojik bir sera ile kıyaslaması, aşağıda belirtildiği şekilde özetlenebilir.

1. Enerji verimliliği artmış, enerji tasarrufu (%19-52) sağlanmıştır.
2. Bitkisel üretimde artış sağlanmıştır (%22-40).
3. Sulama suyundan %50 tasarruf sağlanmıştır.
4. Kimyasal ilaç kullanımı %80 azalmıştır. Bu sera içerisinde atmosfer basıncının yaklaşık 100 Pa üzerinde bir basınç olduğundan, sera pozitif basınçlıdır (düdüklü tencere benzeri). Bu pozitif basınç, iklim kontrolüne yardımcı olmaktadır. Sera tavanında basınç düzenleyici menfezler bulunur. Bu menfezlerin temel amacı havalandırma olmayıp, açılıp kapanarak basıncı düzenlemektir. Bu işlem sırasında hava çok hızlı bir şekilde menfezlerden çıkmakta ve bu durumda da dışarıdan içeriye, ilaç kullanımını gerektirecek böcek girişi olmaktadır. 2007 yılında Kaliforniya'daki bir ticari serada bu sistemin geliştirilmesinde oluşan bu temel fikir, daha sonra geliştirilerek, ileri seviyeli bir sera sistemi haline gelmiştir.
5. CO₂ kullanımında %90 tasarruf sağlanmıştır, kullanım verimi %90'lara çıkmıştır. Kapalı ortam olduğundan,

verilen gaz seviyesi rahatlıkla 1.000-1.200 ppm düzeyine çıkarılabilmekte, gaz sera içerisinde kalmakta ve bitkiler tarafından verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Bu şartlarda bu gazın verim artış etkisi %20'nin üzerindedir.

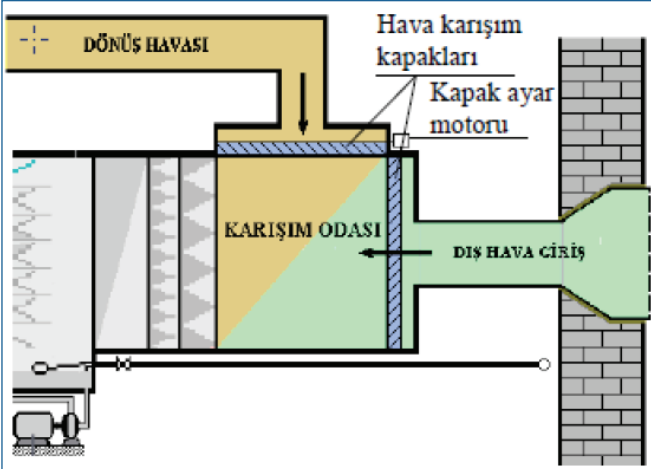
6. Sera içerisine geçen güneş ışığı artmıştır (%15). Burada temel neden, sera çatısında normal seralarda olan havalandırma pencereleri ve bunlara ilişkin gölge yapıcı unsurların olmaması ve çatıda daha büyük ölçülerde cam kullanılabilmesidir.
7. Sistem genel verimi artmıştır.
8. Bu seralar, düşük kaliteli enerji kaynaklarını kullanılabile olanağı vermektedir. Konvansiyonel seralarda ekonomik bir ısıtma için, minimum jeotermal su sıcaklığının 60 °C ve üstü olması gerekmektedir. Ancak yarı-kapalı seralarda, jeotermal su sıcaklığı 40 °C bile olsa dış ortam sıcaklığının -20 °C'lere düştüğü yerlerde bile iç ortamda 15 °C sıcaklığın sağlanabilmesi olasıdır. Sistem, yüksek debi ve düşük sıcaklığı çok etkin bir şekilde kullanabilmektedir.
9. Konvansiyonel seralarda Fan-PAD (soğutma petekleri) arasında en fazla 6 °C'lik sıcaklık yükselmesi istenir ve Fan-PAD açıklığı bu durumda 40 m ile sınırlanır, ancak yarı-kapalı seralarda bu mesafe 120 m'ye kadar çıkabilmektedir. Bu durum, sera tasarımını daha ekonomik hale getirmektedir.

4. YARI-KAPALI SERA KARIŞIM ODASI VE HAVA DAĞITIM SİSTEMİ

Yarı-kapalı seraların temel prensibi, merkezi iklimlendirme sistemlerine dayanmaktadır. Merkezi bir iklimlendirme sisteminin karışım odasındaki temel elemanlar Şekil 1'de gösterilmiştir.

Yarı-kapalı seraların temel hava yönetim kısmı bu bölümdür. Burada, sera içerisine dış ortamdan alınan taze hava ile seradan dönen hava, klapeler (kapakçıklar) kullanılarak istenen oranda otomatik olarak karıştırılmakta, dışarıdan alınan hava kadar bir hava kütlesi sera tavanlarında bulunan ve daha sonra açıklanacak olan "basınç menfezlerinden" dışarıya atılmaktadır. Bu ortamın yarı-kapalı bir seradaki aktif görünümü Şekil 2'de verilmektedir.

Şekil 2'deki fotoğrafın sağ tarafında, dış ortam ve havanın



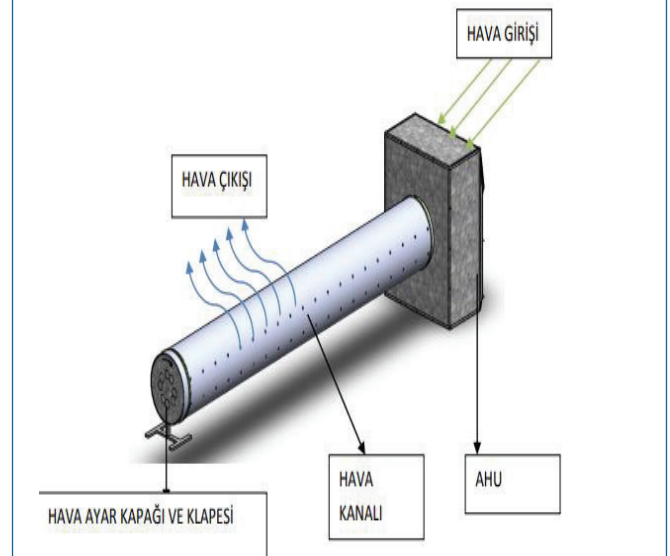
Şekil 1. Merkezi Klima Sistemi Hava Karışım Odası



Şekil 2. Yarı-Kapalı Bir Serada Hava Karışım Odası

arasından emildiği, ıslak, selülozik evaporatif petekler bulunmaktadır. Petekler üzerinde kaskad bir sulama sistemi bulunduğu için ortam nem ve sıcaklık isteğine göre petek ıslaklık oranı değiştirilebilmektedir. Bu odanın sol tarafında ise hava üfleme fanları görülmektedir. Fanların içerisinde iklime bağlı olarak ısıtma veya soğutma amaçlı kullanılan eşanjör (ısı değiştirici) bulunmaktadır. Her bir eşanjöre, üstte görülen sıcak su gidiş-dönüş boruları ile bağlantı yapılmaktadır. Burada sadece bir adet hava ayar klapesi (kapağı) bulunmaktadır. Bu kapak ile seradan gelen ve dışarıdan alınan hava oranları ayarlanmaktadır. Bu sistemde kullanılan fanlar Şekil 3'te gösterilmiştir.

Bu fanlar, EC (elektronik sürümlü) fanlar olup, maksimum güçte değil de, optimum güçte çalışmaktadırlar. Fanların gücü yaklaşık 2,5 kW'tır. Her bitki sırasına bir fan hizmet



Şekil 3. Karışım Odasında Bulunan Hava Üfleme Fanları (santrifüj veya aksiyal olabilir)

etmekte olup, bitki sırası uzunluğu en fazla 120 m civarındadır.

Fanların içerisinde bulunan ısı değiştiricileri (eşanjörleri) Şekil 4'te gösterilmiştir.

Isı değiştiricilerin kullanım önceliği soğutma işlemi değil seranın ısıtılması işlemidir. Sera sıra aralarındaki sıcak su (kalfifer) boruları, bu sistemde ikincil öneme sahiptir.

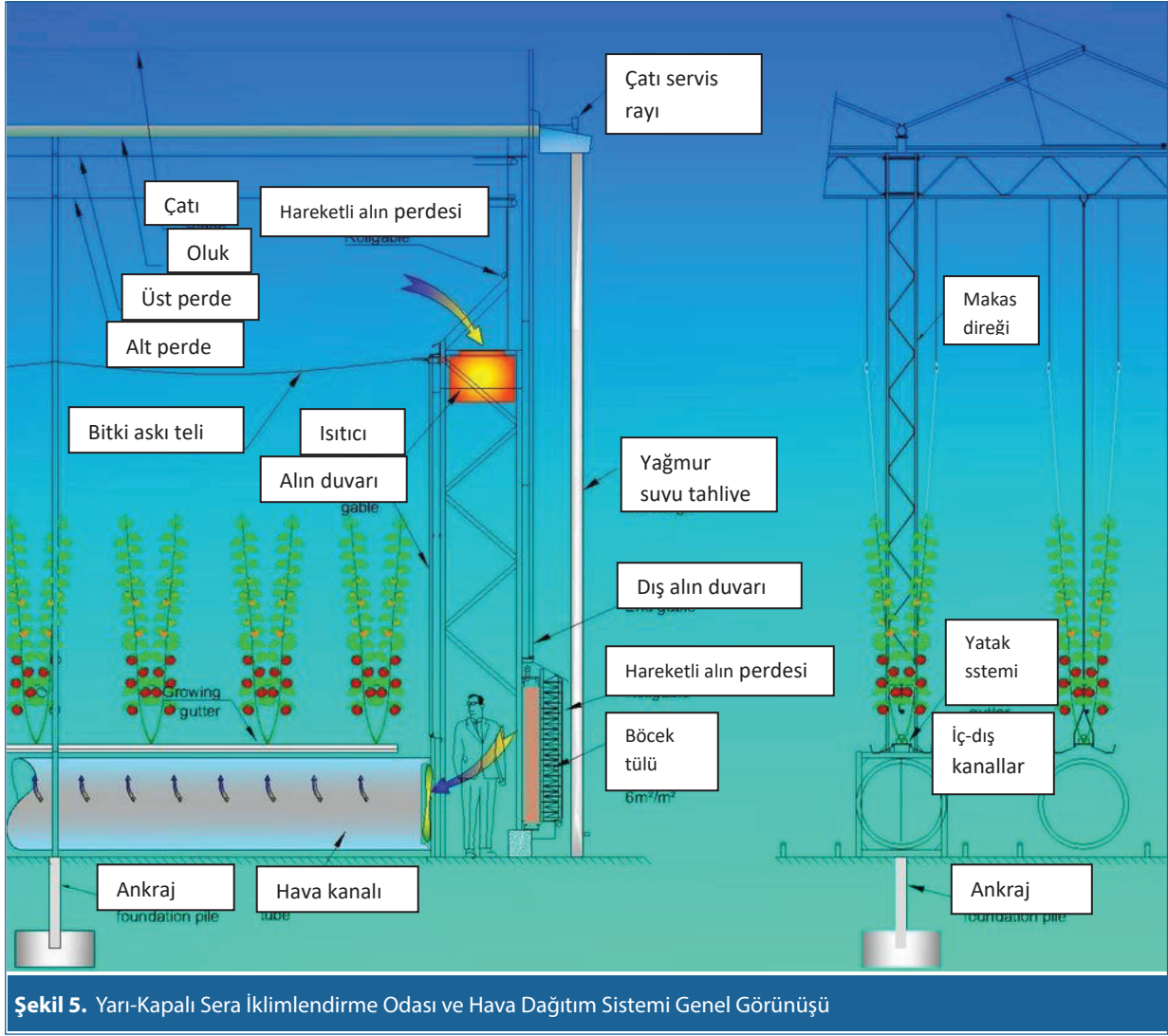


Şekil 4. Isı Değiştiriciler

Eşanjörlerin tasarımı ve büyüklüğü iklim şartlarına göre değişmektedir.

5. YARI-KAPALI SERALARDA İKLİMLENDİRME

Bir yarı-kapalı seranın iklimlendirme (karışım) odası ve hava dağıtımına ilişkin genel görünüm Şekil 5'te verilmiştir. Bu seralarda yan duvar yüksekliği standard olarak 7 m, mahya yüksekliği ise 8.5m civarındadır. Hava karışım odası iç duvarı yaklaşık 5 m yükseklikte olup sera havası bu



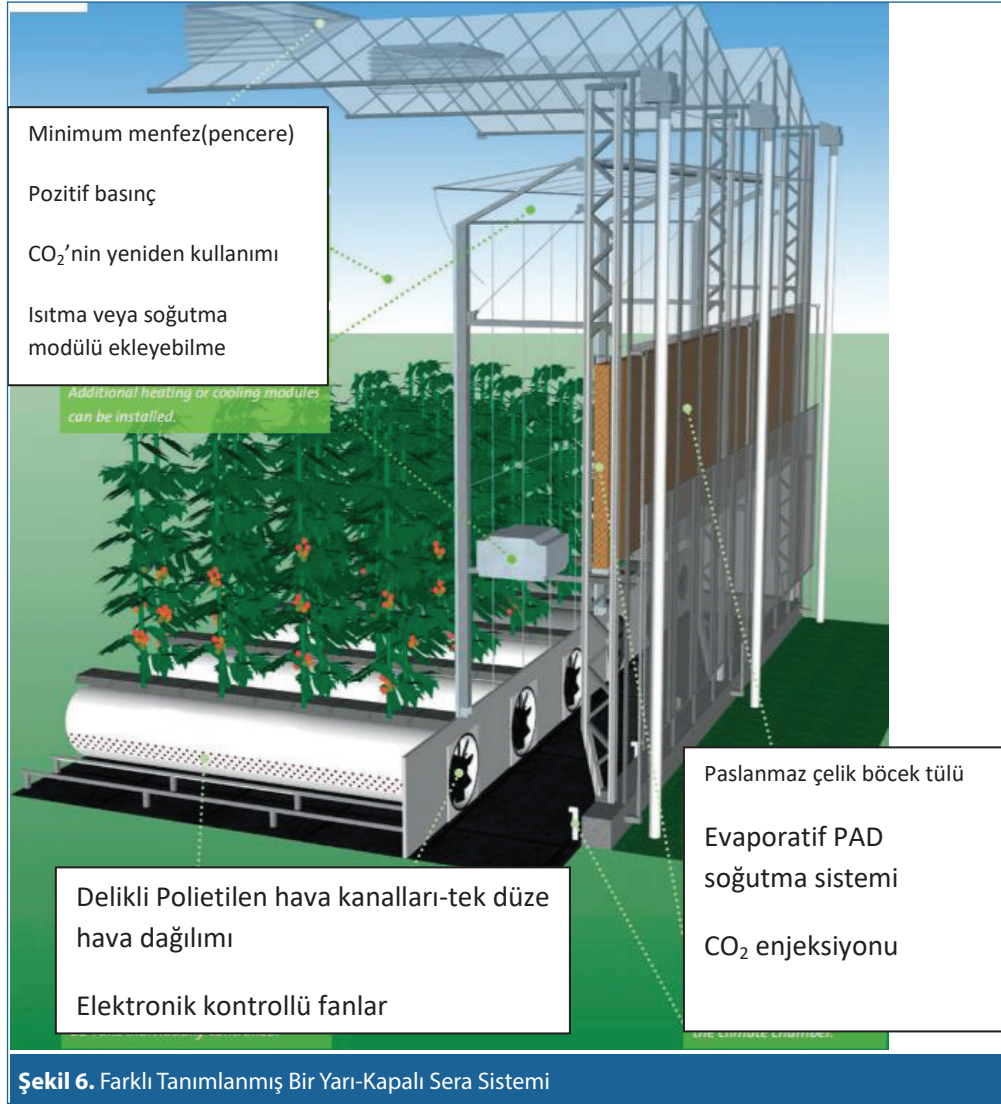
Şekil 5. Yarı-Kapalı Sera İklimlendirme Odası ve Hava Dağıtım Sistemi Genel Görünüşü

duvar üzerinden hava debisi ayar klapesi durumuna göre hava karışım odasına alınmaktadır. Bu hava, dışardan alınan hava ile doğrudan karıştırılabildiği gibi, evaporatif petekten geçerken soğutulmuş hava ile de karıştırılıp seraya verilebilmektedir.

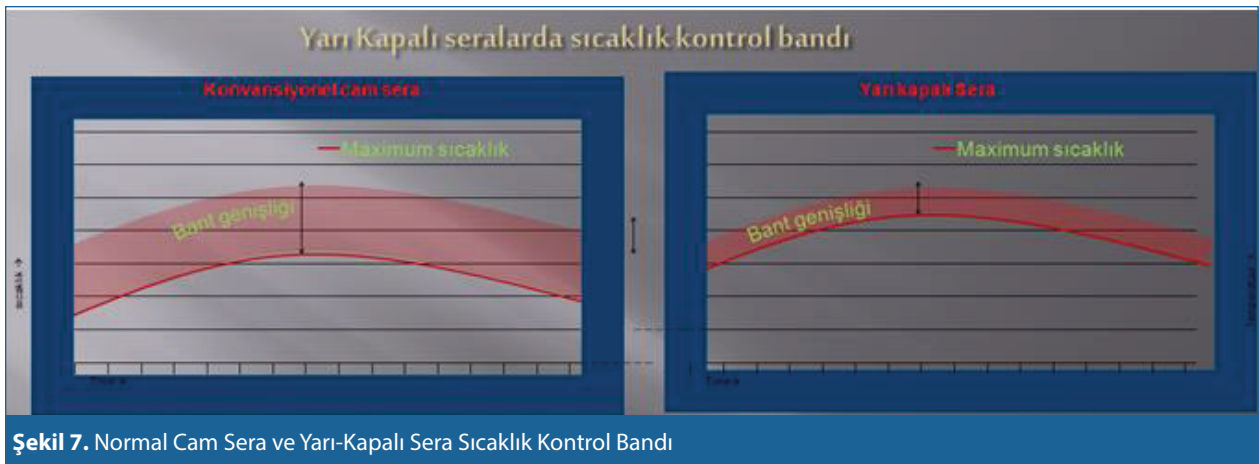
Yarı-kapalı sera sisteminin başka bir tipi Şekil 6'da görülmektedir. Bütün yarı-kapalı sera sistemlerinde evaporatif peteğin dış tarafında böcek tülü ("insect net") bulunmaktadır. CO₂, hava karışım odasına doğrudan verilmekte ve sera iç havasının döngüde kullanılması nedeniyle CO₂ tekrar kullanılabilir. Daha önce açıklandığı üzere, hava dağıtımında kullanılan fanlar elektronik sürümlü fanlar olup her biri diğerinden bağımsız olarak kontrol edilebilmekte ve iklimlendirme isteklerine göre optimum devirde ve güçte çalışarak elektrik tasarrufu sağlamaktadırlar.

Genelde yarı-kapalı seralara ilişkin en büyük önyargı bu fanlar nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bu fanların çok fazla elektrik tükettiği, dolayısıyla sistemin ekonomik olmadığı düşünülebilir. Ancak durum böyle değildir. Yarı-kapalı bir serada bu fanlar dahil toplam elektrik maliyeti yaklaşık 3 USD/m²'dir. Yani bu serada toplam elektrik gideri yaklaşık 2 kg/m² domatese eşdeğerdir. Yarı-kapalı seralardan 80-100 kg/m² domates almak olası olduğundan, elektrik gideri, toplam üretim içerisinde çok önemsiz kalmaktadır.

Yarı-kapalı seralarda hassas denilebilecek bir iklim kontrolü söz konusudur (Şekil 7). Yarı-kapalı serada sıcaklık kontrolü, normal cam seraya göre daha hassastır ve sera içi bölgeler arası sıcaklık değişimleri en az düzeydedir. Sera sıcaklığı yaklaşık 1-2 °C'lık bir bant aralığında kontrol edilmektedir.



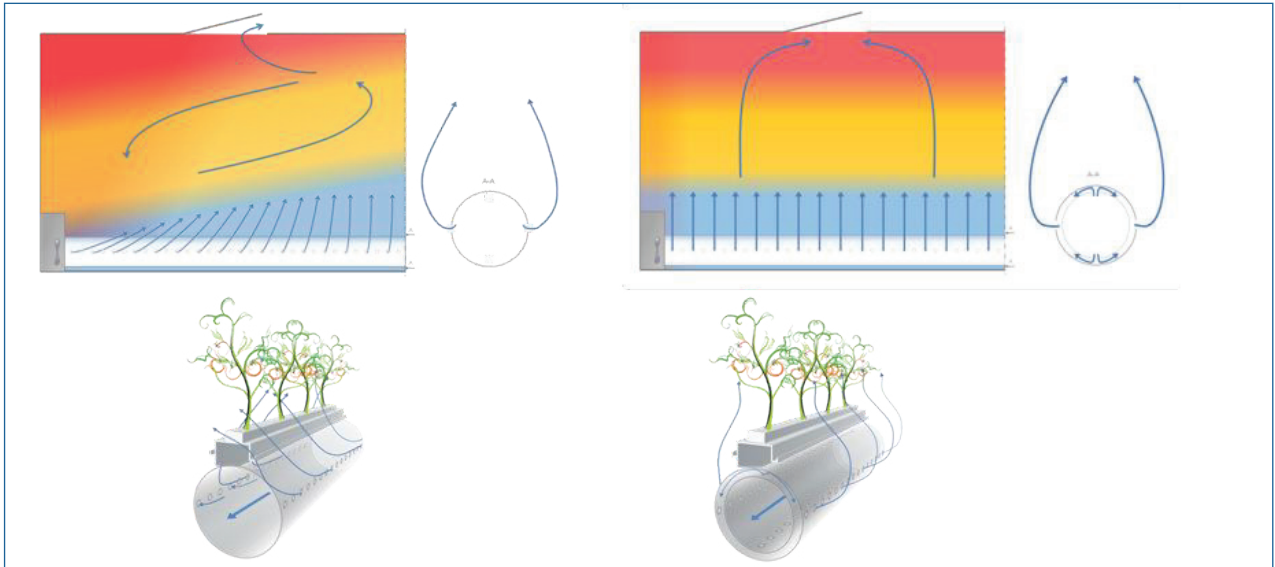
Şekil 6. Farklı Tanımlanmış Bir Yarı-Kapalı Sera Sistemi



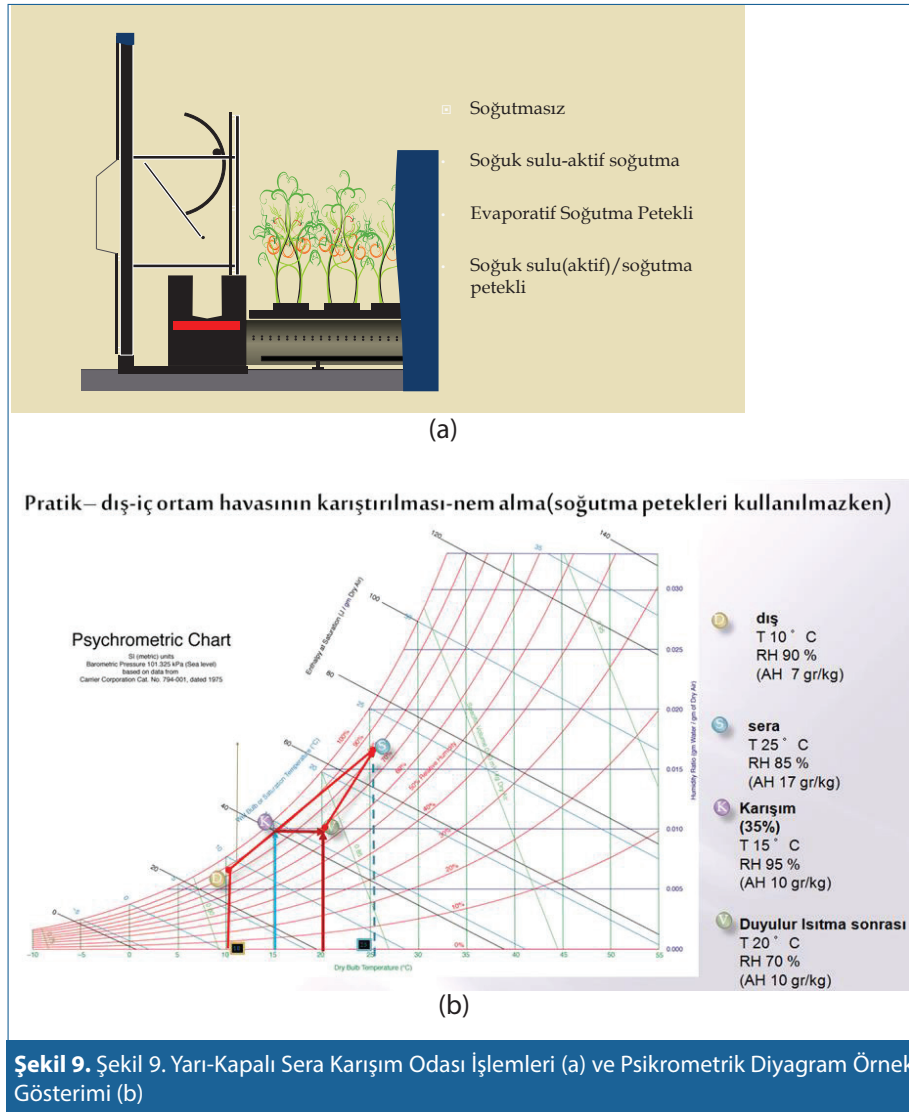
Şekil 7. Normal Cam Sera ve Yarı-Kapalı Sera Sıcaklık Kontrol Bandı

Sera içerisindeki bu tekdüze iklimin elde edilme başarısındaki en büyük pay, hava dağıtım kanallarına aittir (Şekil 8). Sistemin ilk modellerinde tek hava kanalı (Şekil 8(a))

kullanılmış fakat bunun zamanla sera içi iklim tekdüzeliğini sağlayamadığı görüldüğünden, daha sonra, çift hava kanalı kullanılarak (Şekil 8(b)) sorun çözülmüştür. Kulla-



Şekil 8. Yarı-Kapalı Sera Hava Kanallarının İklim Tekdüzelğine Etkisi (sol(a), sağ(b))



Şekil 9. Şekil 9. Yarı-Kapalı Sera Karışım Odası İşlemleri (a) ve Psikrometrik Diyagram Örnek Gösterimi (b)

nılan hava kanalları polietilendir. İç içe geçmiş iki kanalın herbirinde kanal boyunca delikler bulunur. Ancak bu delikler her iki kanalda da farklı konuma yerleştirilmektedir.

Bu sistemlerde, iç hava dağıtım kanalı çapı 800-850 mm, dış hava kanalı çapı ise 850-900 mm. civarındadır. Bu çaplar, kullanılan fan hava çıkış çapına göre değişmektedir.

Yarı-kapalı sera sisteminde kullanılan karışım odası işlemleri Şekil 9(a)'da ve sonrasında uygulanan psikrometrik işlemlere ilişkin örnek Şekil 9(b)'de gösterilmiştir.

Sistemde, karışım odasında iç ve dış ortam havası doğrudan belirlenen oranlarda karıştırılabildiği gibi, %100 iç ortam havası dolaştırılabilmekte veya %100 dış ortam havası alınabilmektedir. Karışım havası sera içerisine verilmeden önce ısıtılabilen veya aktif soğutma sistemi ile soğutulabilmektedir. Hava bu şekilde seraya verildiğinde,

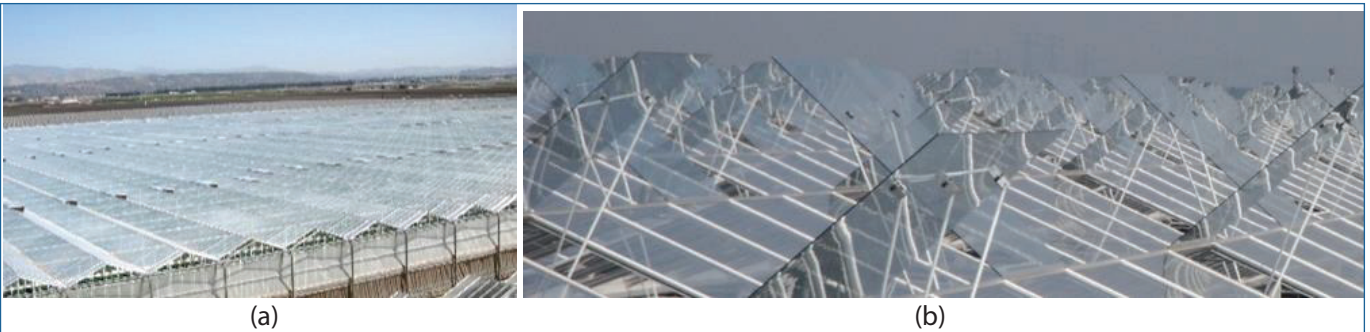
sera içerisinde havaya uygulanan psikrometrik işlem, ısıtma ve nemlendirme olmaktadır.

6. YARI-KAPALI SERA ÇATI MENFEZLERİ (PENCERELERİ)

Yarı-kapalı seralardaki havalandırma menfezlerinin görünümü Şekil 10(a)'da ve konvansiyonel sera havalandırma sistemi görünümü Şekil 10(b)'de verilmiştir. Bu menfezler böcek tülü ile kapatılmıştır, menfez ölçüleri yaklaşık 40 cm x 40 cm'dir.

7. YARI-KAPALI SERALARDA VERİM

Yarı-kapalı seralarda, yukarıda sayılan avantajlar nedeniyle, çok yüksek verimlere ulaşmak olasıdır. Yazar tarafından Konya Şeker Fabrikası Çumra Tesislerinde yapılan yaklaşık 40 da'lık bir yarı-kapalı sera (Ultra Clima) içerisinde üretilen domateslerin görüntüsü Şekil 11'de verilmiştir. Bu se-



Şekil 10. Yarı-Kapalı Sera Çatı Menfezleri (a) ve Konvansiyonel Sera Çatı Havalandırma Pencereleleri (b)



Şekil 11. Konya Şeker A.Ş. Çumra Yarı-Kapalı Sera Tesisi Üretim Görüntüsü

radan 77 kg/m² domates verimi alınmış olup, ülkemizde şimdiye kadar alınan en büyük verim değeridir.

8. SONUÇ

Dünya'da ilk yarı-kapalı sera 2007 yılında kurulmuş ve o günden bugüne sistem sürekli geliştirilip, iyileştirilmiştir. Günümüzde bu sistemlerin ana üreticisi Hollanda cam sera firmalarıdır. Bu sistemin başarısı görüldükten sonra, ilk patentli sistem olan Ultra Clima sistemine benzer sistemler diğer Hollanda firmaları tarafından da geliştirilmiştir.

Ülkemizde de bir plastik sera firması, bu sistemin bir kısmını geliştirerek kullanmakta ancak yarı-kapalı sera sistemi olarak değerlendirilememektedir. Gelecek, yarı-kapalı sera teknolojilerindedir. Bu konuda ülkemizde kendi içinde ar-ge ve yenilikçilik için çalışan firma yoktur. Sadece Hollanda firmalarının sistemlerini kopyalamaya çalışma yönünde bir eğilim görülmektedir. Bu konuda Tarım ve Orman Bakanlığı başta olmak üzere, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve TÜBİTAK-üniversiteler işbirlikleriyle çok ciddi çalışmalar yapılmalıdır. Ülkemizde yarı-kapalı sera teknolojisi konusundaki çalışmalar özendirilip desteklenmeli, bu alan öncelikli araştırma alanı ilan edilmelidir.

KAYNAKÇA

1. Europe Hydroponics Market Research Report – Segmented By Equipment; Type; Crop Type; Input Type; And Region - Industry Analysis, Share, Size, Growth, Trends, And Forecast (2022 to 2027). 2022.
2. Market Data Forecast report, ID2019, p: 145. <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/europe-hydroponics-market>, son erişim tarihi: 3 Haziran 2022.
3. **Rujis, M., Benninga, J.** 2020. "Market Potential and Investment opportunities of high-tech greenhouse vegetable production in the USA". Wageningen Univ. and Research Report, no: 2020-054, pp: 50
4. **Pardossi, A., Tognoni, F., Incrocci, L.**, <https://www.researchgate.net/publication/285745841>, Yükleme tarihi 12 Mayıs 2016, erişim tarihi 21 Mayıs 2022.
5. EIP-AGRI FOCUS GROUP, 2019. Circular Horticulture- FINAL REPORT, February, pp: 36.
6. **Chang, J., Wu, X., Wang, Y., Meyerson, L.A., Gu, B., Min, Y. Xue, H., Peng, C. ve Ge, Y.** 2013. "Does growing vegetables in plastic greenhouses enhance regional ecosystem services beyond the food supply?"; *Front Ecol Environ*; doi:10.1890/100223
7. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika

Geliştirme Enstitüsü. 2021. Tarımsal Ürünler Pazar Raporu, *Domates*, Haziran, www.arastirma.tarimorman.gov.tr, son erişim tarihi: 02 Haziran 2022.

8. **Aydogan, N.G.; Kidoglu, N. F, Gül, A.** 2009. "A survey on the current status of soilless cultivation in Turkey". *Acta Horticulturae* (807), 565-570.
9. **Koop, L.** 2005. "Bergama Greenhouse Project". Wellant College International-screened by DLV (National Advisory Board), November 10 (Unpublished).
10. Doğaka Raporu, 2021. Teknoloji ve Sanayi Bakanlığı, Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı, Osmaniye ili kesme çiçek(gül) üretim serası ön fizibilite raporu, , Osmaniye branch (unpublished).
11. **Nederhoff, E. ve van Weel, P.** 2019. "Semi-closed greenhouses." <https://www.researchgate.net/publication/241868672>, son erişim tarihi: ????
12. **Coomans, M., Allaerts, K., Wittemans, L., Pinxteren, D.** 2013. "Monitoring and energetic performance of two similar semi-closed greenhouse ventilation systems", *Energy Conversion and Management*(76):128–136
13. **Katsoulas, N., Sapounas, A., De Zwart, F., Dieleman, J.A, Stanghellini, C.** 2015. "Reducing ventilation requirements in semi-closed greenhousesincreases water use efficiency". *Agricultural Water Management* (156): 90–99
14. **H.F. de Zwart.** 2008. "Overall Energy Analysis of (Semi) Closed Greenhouses". *Proc. IS on Greenhouse Systems, Acta Hort.* 801, ISHS (Eds.:S. De Pascale et al.): 811-818.
15. **Qiana, T., Dieleman, J.A., Elings, A., De Gelder, A., Marcelis, L.F.M., Van Kooten, O.** 2009. "Comparison of Climate and Production in Closed, Semi-Closed and Open Greenhouses". *Proc. IS on High Technology for Greenhouse Systems - GreenSys2009*(Ed.: M. Dorais), *Acta Hort.* 893, ISHS(Ed.: M. Dorais, 2011):807-814.
16. **Kaukoranta T, Juha N., Sarkka L, Jokinen K.** 2014. "Effect of lighting, semi-closed greenhouse and split-root fertigation on energy use and CO₂ use in high latitude cucumber growing". *Agricultural and Food Science*(23): 220-235
17. **Campena, J.P., Kempkes, F.L.K.** 2009. "Climatic Evaluation of Semi-Closed Greenhouses. *Proc. IS on High Technology for Greenhouse Systems*" - *GreenSys2009, Acta Hort.* 893, ISHS(Ed.: M. Dorais, 2011): 495-502.
18. **Sapounas, A., Katsoulas, N., Slager, B., Bezemer, R. ve Lelieveld, C.** 2020. "Design, Control, and Performance Aspects of Semi-Closed Greenhouses. *Agronomy* (10)"; doi:10.3390/agronomy10111739.
19. **Van Beveren, P.J.M., Bontsema, J., van 't Ooster, A., van Straten, G., van Henten, E.J.** 2020. "Optimal utilization of energy equipment in a semi-closed greenhouse". *Computers and Electronics in Agriculture* (179). <https://www.researchgate.net/publication/344948942>, son erişim tarihi: 22 Haziran 2022.