

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ (CFD) KULLANILARAK
SAMSUN KOŞULLARINA UYGUN FARKLI SERA MODELLERİNDE DOĞAL
HAVALANDIRMA ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

ASLIHAN ATİŞ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
DOÇ. DR. BİLAL CEMEK

SAMSUN

2011

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Bu çalışma jürimiz tarafından 10/06/2011 tarihinde yapılan sınav ile Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Yusuf DEMİR



Üye: Doç. Dr. Bilal CEMEK



Üye: Yrd. Doç. Dr. Lütfü NAMLI



ONAY

Yukarıda imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

10/06/2011

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
Prof. Dr. Hasan GÜMÜŞ

HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ (CFD) KULLANILARAK SAMSUN KOŞULLARINA UYGUN FARKLI SERA MODELLERİNDE DOĞAL HAVALANDIRMA ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Ülkemizde seraların büyük çoğunluğunda havalandırma doğal havalandırma sistemleri kullanılarak yapılmaktadır. Doğal havalandırma, daha az enerji, alet ve donanım gerektirmekte ve diğer sistemlere göre daha ucuz şekilde havalandırma gerçekleştirilmektedir. Hava giriş ve çıkış açıklıklarının alanları, konumları, giriş ve çıkış açıklık alanlarının oranları, giriş ve çıkış açıklıkları arası yükseklik farkı, hakim rüzgar yönü ve hızı, sera geometrisi ve serada yetiştirilen bitki çeşidi gibi pek çok faktör doğal havalandırma sistemlerinin planlanmasında etkili olmaktadır. Bu nedenle sera kurulacak alanların özelliklerine göre uygun sera tipi seçimi ve doğal havalandırma sistemlerinin planlanması gerekmektedir. Bu çalışmada altı farklı özellikte sera kullanılmış, farklı doğal havalandırma sistemlerinin aerodinamik özellikleri etkisi belirlenmiştir. Kullanılacak sera tipi bölgede mevcut sera tiplerinden farklı özellikler göstermektedir. Bu farklılıklar seraların yanduvur yükseklikleri ve havalandırma giriş ve çıkış açıklıkları ile sera çatı şeklinden oluşmaktadır. Hali hazırda üreticiler tarafından kullanılan doğal havalandırma sera modelinin (alçak çatılı ve sadece yan havalandırma) farklı dış hava hızı koşullarında sera hava değişim oranlarına ve hava akış paternine olan etkisi hesaplamalı akışkan dinamiği (CFD) ile simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Bölgeye uygun olacağı düşünülen 5 farklı sera modellerinin serada hava değişim oranlarına ve hava akış paternine (seranın tamamını dikkate alarak ve bitki örtüsünün bulunduğu bölgeyi dikkate alarak) olan etkisi simülasyonla farklı dış hava hızları (0.5, 1, 2 m/s) altında belirlenmiştir. Araştırmada kullanılacak olan sera modelleri ile şu anda bölgede kullanılan tipik sera modelinin karşılaştırılması (CFD sonuçlarına göre) yapılmıştır. Sera içi etkili havalandırma sisteminin çözümünde hesaplamalı akışkanlar dinamiğinin Fluent yazılım programından yararlanılmıştır. Çözümde bütün seraların hesaplanmasında türbülans modeli olarak k-e RenormalisationGroup (RNG) türbülans modeli kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Doğal havalandırma, Sera, Samsun

COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD) USING THE APPROPRIATE CONDITIONS OF SAMSUN DIFFERENT GREENHOUSE MODELS TO DETERMINE THE EFFECTIVENESS OF NATURAL VENTILATION

ABSTRACT

Ventilations of Greenhouses are achieved by natural ventilation system mostly in Turkey due to advantage of its low energy requirement. Areas of air Inlet and outlet openings, orientation of openings, height difference between air inlet and outlet openings, wind direction, greenhouse geometry, and type of plant grown inside a greenhouse are effective factors in designing of greenhouse ventilation systems. It is important to choose appropriate ventilation system and type of greenhouse for plant production for a certain region. Studies on natural ventilation systems of greenhouses in Turkey are inadequate. Overall aim of this study is to determine a better appropriate plastic greenhouse for tomato growth in Samsun region. Six different model plastic greenhouses which differ in term of height of side wall, air inlet and outlet opening areas, and roof shape of greenhouse from those used conventionally in theregion had be determined. A computational fluid dynamics (CFD) program had be used to study the behavior of the internal environment (internal flow rate and temperatur edistributions) and natural ventilation rates for all model greenhouses and a conventional greenhouse involved in the study. External wind speeds of 0.5, 1, and 2 m/s had been used in the simulations for all conditions. The results of simulations and experimental studies had been evaluated to suggest a better model greenhouse for this region. Greenhouse ventilation system effective in solving with computational fluid dynamics program FLUENT software was used. Calculation of all greenhouse ventilation system effectivness used k-e RenormalisationGroup (RNG) turbulence model.

Keywords: Computational Fluid Dynamics, Natural Ventilation, Greenhouse, Samsun

TEŞEKKÜR

Bana bu konuda tez hazırlama olanağı veren, çalışmamı yöneten ve her türlü desteği sağlayan danışmanım Sayın Doç. Dr. Bilal CEMEK'e, maddi maneviher türlü zorlukta yanımda olan aileme ve kardeşime, tez dönemimde her türlü sabrı gösteren ev arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Seralar	4
2.2. Akışkanlar ve Özellikleri	9
2.2.1. Isı İletimi	10
2.2.2. Temel Akış Analiz Teknikleri ve Çözüm Denklemleri	13
2.2.2.1. Kütlelerin Korunumu Kanunu	14
2.2.2.2. Lineer Momentum Korunumu	14
2.2.2.3. Enerji Korunumu	16
2.2.2.4. Türbülans Modeli	17
2.3. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği	19
3. MATERYAL VE METOD	21
3.1. Materyal	21
3.1.1. Konum ve İklim Özellikleri	21
3.2. Metod	24
3.2.1. Seralarda Çevre Koşullarının Saptanmasında Uygulanan Yöntemler	24
3.2.2. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Çözümünde Yararlanılan Eşitlikler	30
3.2.3. Sera Modellerinin Çözümünde İzlenen Aşamalar	31
3.2.3.1. Geometrilere Oluşturulması	31
3.2.3.2. Mesh Oluşturulması	32
3.2.3.3. Fluentte Çözüm İşlemleri	33
4. BULGULAR, DEĞERLENDİR VE TARTIŞMALAR	35
4.1. Modeller Üzerinde Havalandırma Etkisi Açısından Sıcaklık Karşılaştırmaları	38
4.1.1. A Modeli	38
4.1.2. B Modeli	43
4.1.3. C Modeli	47
4.1.4. D Modeli	51
4.1.5. E Modeli	55
4.1.6. F Modeli	59
4.2. Modeller Üzerinde Havalandırma Etkisi Açısından Hız Karşılaştırmaları	63
4.2.1. A Modeli	63
4.2.2. B Modeli	67
4.2.3. C Modeli	71
4.2.4. D Modeli	75

4.2.5. E Modeli	79
4.2.6. F Modeli	83
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	90
6. KAYNAKLAR	92
7. ÖZGEÇMİŞ	97

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1. Türkiye’de sera yapım alanlarının gelişimi	4
Çizelge 3.1. Samsun iline ait 1975-2009 yılları arası iklim değerleri ortalaması	21
Çizelge 3.2. Modellerin ve seranın yapısal özellikleri	24
Çizelge 3.3. Fluent yazılım programında kullanılan metodlar	33
Çizelge 3.4. RNG k- ε modeli için model sabitleri	34
Çizelge 4.1. Samsun ili için sera iç ve dış sıcaklıkları	36
Çizelge 4.2. CFD uygulamasında modeller için kullanılan iklim koşulları karakteristikleri	37

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Altı bölmeli yay çatılı serada 3.5 m/s harici hava hızında sera çatı havalandırmasının sera içi hava akış paternine olan etkisi	8
Şekil 2.2. Doğal havalandırmalı serada bitki örtüsünün, çatı ve yan duvar havalandırma konfigürasyonlarının sera havalandırmasına etkisinin belirlenmesi	9
Şekil 2.3. Bir katı dilimi içinde ısıyın akışı	11
Şekil 2.4. Üç boyutlu bir eleman içinde enerjinin korunumu	12
Şekil 2.5. Diferansiyel elemana x yönünde etki eden gerilmeler	15
Şekil 3.1. Çalışmada ana metaryalini oluşturacak seraların en kesit görünüş ve boyutları.....	23
Şekil 4.1. Samsun ilinin günlük sıcaklık ve ışıyım değerlerine göre seralarda iklimlendirme isteklerinin karşılaştırılması	35
Şekil 4.2. Farklı rüzgar hızlarında Mayıs ayında, A modelinde görülen sıcaklık değişimleri	39
Şekil 4.3. Farklı rüzgar hızlarında Haziran ayında, A modelinde görülen sıcaklık değişimleri	40
Şekil 4.4. Farklı rüzgar hızlarında Eylül ayında, A modelinde görülen sıcaklık değişimleri.....	41
Şekil 4.5. Farklı rüzgar hızlarında Ekim ayında, A modelinde görülen sıcaklık değişimleri.....	42
Şekil 4.6. Farklı rüzgar hızlarında Mayıs ayında, B modelinde görülen sıcaklık değişimleri	43
Şekil 4.7. Farklı rüzgar hızlarında Haziran ayında, B modelinde görülen sıcaklık değişimleri.....	44
Şekil 4.8. Farklı rüzgar hızlarında Eylül ayında, B modelinde görülen sıcaklık değişimleri	45
Şekil 4.9. Farklı rüzgar hızlarında Ekim ayında, B modelinde görülen sıcaklık değişimleri.....	46
Şekil 4.10. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, C modelinde görülen sıcaklık değişimleri	47
Şekil 4.11. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, C modelinde görülen sıcaklık değişimleri	48
Şekil 4.12. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, C modelinde görülen sıcaklık değişimleri.....	49
Şekil 4.13. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, C modelinde görülen sıcaklık değişimleri.....	50
Şekil 4.14. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, D modelinde görülen sıcaklık değişimleri	51
Şekil 4.15. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, D modelinde görülen sıcaklık değişimleri.....	52
Şekil 4.16. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, D modelinde görülen sıcaklık değişimleri.....	53
Şekil 4.17. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, D modelinde görülen sıcaklık değişimleri.....	54

Şekil 4.18. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, E modelinde görülen sıcaklık değişimleri.....	55
Şekil 4.19. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, E modelinde görülen sıcaklık değişimleri	56
Şekil 4.20. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, E modelinde görülen sıcaklık değişimleri	57
Şekil 4.21. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, E modelinde görülen sıcaklık değişimleri	58
Şekil 4.22. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, F modelinde görülen sıcaklık değişimleri	59
Şekil 4.23. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, F modelinde görülen sıcaklık değişimler	60
Şekil 4.24. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, F modelinde görülen sıcaklık değişimler	61
Şekil 4.25. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, F modelinde görülen sıcaklık dağılımları	62
Şekil 4.26. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, A modelinde görülen sera içi hız değişimler	63
Şekil 4.27. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, A modelinde görülen sera içi hız dağılımlar	64
Şekil 4.28. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, A modelinde görülen sera içi hız değişimleri.....	65
Şekil 4.29. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, A modelinde görülen sera içi hız değişimleri.....	66
Şekil 4.30. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, B modelinde görülen sera içi hız değişimleri.....	67
Şekil 4.31. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, B modelinde görülen sera içi hız değişimleri.....	68
Şekil 4.32. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, B modelinde görülen sera içi hız değişimleri	69
Şekil 4.33. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, B modelinde görülen sera içi hız değişimleri	70
Şekil 4.34. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, C modelinde görülen sera içi hız değişimleri.....	71
Şekil 4.35. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, C modelinde görülen sera içi hız değişimleri.....	72
Şekil 4.36. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, C modelinde görülen sera içi hız değişimleri	73
Şekil 4.37. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, C modelinde görülen sera içi hız değişimleri	74
Şekil 4.38. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, D modelinde görülen sera içi hız değişimleri	75
Şekil 4.39. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, D modelinde görülen sera içi hız değişimleri.....	76
Şekil 4.40. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, D modelinde görülen sera içi hız değişimleri.....	77
Şekil 4.41. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, D modelinde görülen sera içi hız değişimleri.....	78
Şekil 4.42. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, E modelinde görülen sera içi hız değişimleri.....	79

Şekil 4.43. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, E modelinde görülen sera içi hız değişimleri	80
Şekil 4.44. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, E modelinde görülen sera içi hız değişimleri	81
Şekil 4.45. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, E modelinde görülen sera içi hız değişimleri	82
Şekil 4.46. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, F modelinde görülen sera içi hız değişimleri	83
Şekil 4.47. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, F modelinde görülen sera içi hız değişimleri	84
Şekil 4.48. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, F modelinde görülen sera içi hız değişimleri	85
Şekil 4.49. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, F modelinde görülen sera içi hız değişimleri	86

1. GİRİŞ

Giderek artan dünya nüfusuna karşın gıda maddeleri üretiminin yetersiz kalması, beslenme problemini ortaya çıkarmaktadır. İnsanların sürekli olarak düzenli beslenmesi için hem tarımsal üretimin artırılması hem de üretim alanlarının genişletilmesi gerekmektedir. Fakat üretim alanlarının genişletilmesi neredeyse mümkün değildir. Bu sebepten dolayı insanoğlu tarımsal üretimi artırmanın yollarını araştırmıştır. Tarımsal üretimi artırmak iki şekilde yapılabilmektedir (Üstün, 1998);

1. Birim alandan daha fazla ürün miktarı almak. Bu da sertifikalı tohum kullanarak yapılabilmektedir.

2. Tarım alanlarındaki üretimi bütün bir yıl boyunca sürekli hale getirmektir. Bu amaç ile koşulların uygun olmadığı durumlarda seraların kullanılması ile sağlanabilmektedir.

Bitkisel üretiminde çevre kontrollü üretimin en yaygın ve etkin uygulaması seralarda gerçekleştirilmektedir (Baytorun ve ark, 1995). Seraların temel işlevi bitkilerin gelişmesi için en uygun çevre koşullarını sağlamaktır (İstanbulu, 1996). Sera içerisinde bitkiyi çevreleyen hava ile ilgili en önemli faktörler ışık, sıcaklık, nem, hava hareketi ve havanın CO₂ içeriği olup, bu faktörlerin bitki gelişmesi üzerinde etkilerini birbirinden ayrı düşünmek oldukça zordur (Boztok, 1986).

Seralardaki bitkilerin sağlıklı bir büyüme ve gelişme gösterebilmeleri için zaman zaman seraların havalandırılması gerekmektedir (Aydoğan, 1997). Sera üretiminde havalandırmanın önemi, bitkinin vegetatif gelişmesine etki eden faktörlerden üçü ile ortaya konulmaktadır: Bunlar (Kurtmen, 1991);

- Sera içi gazı (O₂ ve CO₂) ayarlaması,
- Sıcaklık ayarlaması,
- Bağıl nem ayarlaması şeklinde sayılabilir.

Bitkiler yaşamlarını sürdürebilmek ve besin maddesi üretebilmek için fotosentez yaparlar. Bu durum sera gibi kapalı ortamlardaki CO₂ oranını azaltır. Bu oranı belirli bir seviyede tutmak için sera havasının dış ortamdaki havayla değiştirilmesi gerekir. Bu ise etkin bir havalandırmayla sağlanabilir.

Sera iç sıcaklığının en sıcak günlerde dahi 30 °C'nin üstüne çıkması istenmez. İyi bir havalandırma ile sera içi sıcaklığını dış ortamdan 2-3 °C daha düşük bir değere indirmek mümkün olabilmektedir (Kürklü ve Çağlayan, 2005).

Seralarda sıcaklık artışı veya düşüşü esnasında havalandırma kapaklarının bir defada açılması veya kapatılması sera içi sıcaklık değişiminde dalgalanmalara neden olabilir. Sera içi sıcaklığının ani değişimi bitki üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilir. Bitkiler için zararlı olan bu durum, havalandırma kapaklarının kademeli açılması veya kapatılması ile sera içi sıcaklık değişimi kontrollü olarak asgari düzeye indirilebilir (Durmaz, 1994).

Yapılan çalışmada farklı doğal havalandırılmalı sera modellerinin sera içi iklim koşulları belirlenmeye çalışılmıştır. Seracılığın hızlı bir gelişme gösterdiği Samsun ilimizde, seralarda daha kazançlı bitkisel üretimin gerçekleştirilmesi, bitki büyüme, gelişme ve verimini etkileyen kültürel uygulamalar yanında elverişli iç ortam çevre koşullarını sağlayabilecek en uygun doğal havalandırma sistemlerinin planlanmasını ve kullanımını gerektirmektedir. Bölgenin iklim koşullarının bitkisel üretim için optimum çevre isteklerini doğal havalandırma sistemleriyle sağlayabilecek potansiyele sahip olması nedeniyle sıcak dönemlerde Akdeniz Bölgesi sera üreticilerine göre büyük avantajlar sağlamaktadır. Yoğun şekilde sebze yetiştiriciliğinin yapıldığı bu bölgede uygun sera tipleriyle üretimin artırılması yanında sebze yetiştiriciliğinde daha erken üretim ve sonbaharda üretim sezonunun uzatılmasıyla karlılığın da artması söz konusudur. Bu nedenle bölgede başta domates olmak üzere yoğun şekilde üretimi yapılan sebzeler için elverişli sera içi şartlarını sağlayabilecek doğal havalandırma sistemlerine sahip seraların kullanılması son derece önemlidir. Samsunda mevcut seraların büyük çoğunluğunda yan duvar yükseliğinin düşük olması ve çatı havalandırma açıklıklarının bırakılmamış olması üreticilerin pek çok sorunla karşılaşmasına neden olmuştur. Çalışmada Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme serası ve 5 farklı sera modelinin sonuçları hesaplamalı akışkan dinamiği (CFD) ile simülasyon çıktıları ile karşılaştırılmıştır. Bunun için havalandırmayı gerektirecek aylar bazında iklim şartları değerleri ile 0.5, 1 ve 2 m/s rüzgar hızı değerleri girdi olarak kullanılmaya çalışılmış ve sonuç karşılaştırılması bu şekilde elde edilmeye çalışılmıştır. Farklı yan ve çatı havalandırmasının sera hava değişim oranlarına, sera içi hava akış paternine (homojenitesi özellikle) (bu kısım hem CFD ve hem de serada yapılacak

ölçümlerle karşılaştırmalı olarak), bitki gelişme, büyüme ve verim üzerine etkisinin belirlenerek üreticilere önerilerde bulunulmaya çalışılmıştır.

Bu araştırma 5 Bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümü oluşturan giriş kısmında konunun önemi açıklanmış ve araştırmanın amacı belirlenmiştir. İkinci bölümde konu ile ilgili genel bilgi verilmeye çalışılmış ve bu konu üzerinde daha önce yapılmış çalışmalardan literatür özetlenmiş, üçüncü bölümde araştırma materyali ve uygulanan yöntemler açıklanmıştır. Dördüncü bölümde araştırma sonuçları verilerek bulgular ortaya konulmuş, bu sonuçların tartışması yapılmıştır. Beşinci bölümde yapılan değerlendirmelerden varılan sonuçlar belirtilerek önerilerde bulunulmuştur.

2. GENEL BİLGİLER

2.1.Seralar

Dünyada seracılığın bir endüstri halini alarak gelişmesi özellikle birinci dünya savaşından sonra büyük hız kazanmıştır. Ülkemizde ise, bugünkü anlamda ticari değeri olan seracılığın ilk başlangıcını, 1940'lı yıllara kadar götürebiliriz. İlk sera işletmeleri, sebze yetiştirmek amacıyla, iklimin uygunluğu nedeniyle Antalya ve İçel illerinde kurulmuştur. Toplam sera alanları 1960 yılında 1003 ha'dan 2006 yılında 25032 ha'a ulaşmıştır (Çizelge 2.1). 1990 yıllarında her yıl artış gösteren bu rakam sabit bir şekilde seyretmiş fakat 2000'li yıllarda yine artış göstermeye başlamıştır. Bu oran cam seralarda % 6 artış gösterirken, plastik seralarda % 9 artış göstermiştir. Bunun nedeni ise plastik seraların cam seralara oranla daha ucuz olmasıdır (Emekli ve ark., 2010).

Çizelge 2.1. Türkiye'de sera yapım alanlarının gelişimi (Emekli ve ark., 2010)

Yıllar	Sera Alanı				Toplam alan (ha)	Yıllık artış oranı (%)
	Cam örtü		Plastik örtü			
	ha	%	ha	%		
1960	525	52.3	478	47.7	1003	
1970	976	38.3	1572	61.7	2548	9.8
1980	925	18.5	4072	81.5	4997	7
1990	2000	23.3	6600	76.7	8600	5.6
2000	5656	27.6	14825	72.4	20481	9.1
2006	6840	27.3	18192	72.7	25032	3.4

Ülkemizin çoğu yöresi, seracılık yapmaya elverişlidir. Aslında yapay ısıtma ve aydınlatma yaptıktan sonra her yerde yetiştirilebilir. Önemli olan pazarda satım olanağı olan fiyatlarla üretim yapılabilmesidir (Yağcıoğlu, 2009).

Seralar yıl boyunca bitki büyüme, gelişimini ve üretimini başarılı bir şekilde sağlanmasını amaçlayan çok karmaşık yapılardır. Büyüme faktörleri ışık, sıcaklık, nem ve hava karışımı optimal seviyede elde edilmeli ve sağlanmalıdır. Seracılık ülkemizde Akdeniz sahil şeridi yanı sıra Ege, Marmara, Karadeniz ve GAP alanı gibi geniş bir coğrafya'ya yayılmıştır. Ancak ihracata yönelik turfanda sebze ve süs bitki üretimi söz konusu olunca ısıtma giderlerinin az olduğu bölgeler avantajlı duruma gelmektedir. Turfanda sebze ve kesme çiçek üretimi ve son zamanlarda turfanda meyve üretimi hedef

alındığı takdirde iklim, sulama suyu ve toprak yapısı gibi faktörler bir bölgenin seracılığa uygunluğunu belirleyen unsurlardır. Ülkemiz Akdeniz sahil şeridinde serada üretimin yoğunlaştığı Aralık-Mart ayları arasındaki dönemde sıcaklık, yağış ve radyasyon değerleri sera yetiştiriciliğine elverişli olduğunu ortaya koymaktadır. Karadeniz bölgesi seracılığını göz önüne aldığımızda Akdeniz sahil şeridindeki seralardan avantajı ilkbahar ve yazlarında aylarında soğutma ihtiyacının olmamasıdır. Bu avantaj ekonomik olarak Karadeniz bölgesi seracılığını ilkbahar aylarında geççilik ve sonbaharda erkencilik açısından önemli kazançlar sağlamaktadır (Cemek, 2005).

Gün ışığı, bir sera için temel büyüme faktörlerinden biridir. Bu sebeple, seralarda özellikle güneş ışınımının düşük olduğu mevsimler düşünülerek ışık geçirgenliği çok iyi olan örtüler kullanılmalıdır. Bazı seralar, özel yetiştiricilik için kullanılır yada yüksek güneş ışınımı olan bölgelerdeki seralarda yüksek ışınımın periyodu süresince gölgeleme ihtiyacı oluşabilir. Dış ortam sıcaklığı arzu edilen sıcaklığın altında olduğunda sıcaklık düşüşleri olacağından sera içinde ısıtma yapılmalıdır. Örtü materyalinden gelen ısı kayıpları mümkün olduğunca az olmalıdır. Sera örtüleriyle soğuk mevsimlerde minimum ısı ihtiyacıyla maksimum ışık geçirgenliği sağlanmalıdır. Yüksek dış ortam sıcaklığının olduğu durumlarda fazla ısı, yapay soğutma ve havalandırmayla dağıtılabilirdir. İyi planlanmış bir sera yıl boyunca bitki büyümesi ve üretimi için gerekli iklim koşullarını sağlamalıdır. Seraların, yüksek ışık geçirgenliği düşük ısı tüketimi, yeterli havalandırma randımanı, uygun yapısal dayanım ve çok iyi mekanik davranış, düşük konstrüksiyon ve çalışma metotlarına izin vermeleri gereklidir. Seralarda üretim ekonomisine etki eden en önemli etmen yörenin iklim koşullarıdır. Bir bölgede seracılığın yapılabilmesi için o bölgenin iklim değerleri bitki gelişimi için gerekli olan sınır değerlerle karşılaştırılmalıdır (Cemek, 2005).

Sera içi iklimin aydınlık, sıcaklık, havalanma ve nem açılarından üretilen bitkiler için en uygun değerlerde olması, üretimin başarısını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle sera içi ikliminin düzenlenmesi için çeşitli çalışmalar ve uygulamalar yapılmaktadır. Bu uygulamalar, “Sera İklimlendirme Mekanizasyonu” şeklinde tanımlanabilir (Yağcıoğlu, 2009). Doğal havalandırma sistemleri seradaki hava akışı üzerine sınırlı bir kontrol sunmaktadır. Bu bağlamda, sera içi sıcaklığı, bağıl nemi ve CO₂ konsantrasyonunu kontrol etmede zorluklar bulunmaktadır. Bu nedenle havalandırma oranının sera planına bağımlığını anlayabilmek ve sera havalandırma etkinliğini geliştirebilmek amacıyla doğal havalandırma mekanizmasının daha derin bir

analizi gerekli olmaktadır. Doğal havalandırma ya rüzgâr ya da sıcaklık farkının havalandırma açıklıklarında meydana getirdiği basınç farklılığıyla gerçekleşmektedir. Hızı 2 m/s den yüksek olan rüzgarların havalandırma sürecine hakim olması deneysel olarak gösterilmiştir (Bot, 1983; Kittas ve ark., 1996; Papadakis ve ark., 1996). Bu durumda hava sıcaklık farkının etkisi ihmal edilebilecektir. Bunun aksine, zayıf rüzgar koşullarında ($V_w < 0.5$ m/s), sıcaklık farklılığıyla sağlanan havalandırma çok önemlidir. Sera iç hava katmanları arası sıcaklık farklılığı tarafından üretilen hava akışı “ baca etkisi” terimiyle tanımlanmaktadır. Rüzgar hızının 0.5 m/s ile 2.0 m/s arasında olduğu durumda ise havalandırma çoğunlukla rüzgar etkisiyle sağlanmakta birlikte baca etkisi etkinliği de gözlenmektedir. Doğal havalandırma sistemlerinin seradaki hava akışı, sıcaklık gibi olan etkilerinin CFD modeli kullanılarak analizinin yapılmasıyla sera havalandırma etkinliğinin geliştirilmesi en önemlisi de o bölgeye uygun en iyi sera modelinin ortaya konulmasında yardımcı olacaktır.

CFD’nin daha rahat anlaşılabilmesi için literatürlerden almış olduğumuz bilgiler aşağıda verildiği gibidir.

Seralarda havalandırma çalışmaları için CFD (hesaplamalı akışkan dinamiği) araç olarak ilk simülasyonlar Okushima ve ark. (1989) tarafından gerçekleştirildi. Bu çalışmada, bir rüzgâr tüneline elde edilen sonuçlar deneysel sonuçlarla sayısal metotlarla karşılaştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlarda deneysel verilerle çok az bir ilişki göstermiştir. Muhtemelen zamanındaki bilgisayar programlarının gücünden kaynaklanmaktadır. Bu çalışma sera iç ortam akış örnekleri üzerine yeni bilgilerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu teknik CFD simülasyonunun sonic anemometreyle elde edilen verilerle iki bloklu seradaki verilerle karşılaştırılana kadar kullanılmamıştır

Reichrath ve Davies (2002) CFD (Hesaplamalı akışkan dinamiği) bir simülasyon aracıdır. Çoğunlukla, akışkanın akışı, ısı ve kütle hareketlerini içeren taşınım işlevlerinin tüm çeşitlerinin çalışma davranışlarını belirlemede kullanılır. CFD simülasyonlarının tipik çıktıları akış hızı, yönü, basınç, sıcaklık konsantrasyonlarının geçici ve uzaysal dağılımlarıdır. CFD’ nin çıkış noktası kimya, otomotiv, uzay bilimleri ve nükleer endüstri de kullanılır. Ve son yıllarda CFD gıda işleme uygulamalarında da uygulanmıştır. CFD nin daha sonraki uygulamaları seraların iç ortam iklim koşullarını modellemede kullanılan tarımsal araştırmalarda kullanılmıştır. Böyle modeller dış ortam iklim koşulları ve kontrol stratejileri üzerine iç ortam koşullarına bağlı çalışmalarda kullanılabilir.

CFD mühendislikte planlama için ileri bir tekniktir. Hayvan barınaklarının havalandırılmasında olduğu gibi tarımsal çalışmaların diğer alanlarında kullanılması hızlı bir şekilde artmaktadır ve sera yapılarının aerodinamik dayanımlarının deneylerinde de kullanılmaktadır (Mistriotis ve Briassoulis, 2002).

Havalandırmayla sera içerisinde oluşan aşırı nem sera dışına atılmaktadır. Güneşin doğuşuyla birlikte sera içerisine giren güneş ışınları etkisiyle sera içi sıcaklığı yükselmektedir. Havalandırma yoluyla sıcaklığın aşırı yükselmesi ve bitkiye zararlı olmasının önüne geçilmektedir. Genellikle soğuk dönemlerde seralarda havalandırma CO₂ ve nem dengesinin sağlanması amaçlanırken, sıcak dönemlerde havalandırmayla sera içi sıcaklığının kontrol edilmesi amaçlanmaktadır.

Havalandırmanın etkinliği ürün için ihtiyaç duyulan iklim koşullarındaki soğuk havanın uzaysal dağılımıyla ilişkili olabilir. Seraların konstrüksiyon ve düzenlemeleri ve özellikle, baskın yerleşik rüzgarların yönüyle alakalı olarak giriş ve çıkış bölgesi havalandırma seviyesini etkileyen en önemli faktördür. Sera etrafındaki dış akışlar basınç eğiliminin önemi hava akış çevrimi, gizli türbülans ve basınç eğiliminin artmasıyla hava dağılımı ve gruplanması çok karmaşık olaylardır.

Doğal havalandırmayı harekete geçiren güç, rüzgâr ve sıcaklık farkının etkilerinin kombinasyonlarıdır. Doğal havalandırma seraların iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farklılıkları ve rüzgâr hızına bağlı nispi öneme bağlıdır. Genellikle, rüzgârın etkisi sıcaklık farkı kuvvetinin üzerine çıkar (de Jong, 1990; Fernandez ve Bailey, 1992). Hatta şu anda, çalışmaların çoğu doğal havalandırma üzerine indikatör gaz tekniğiyle (Bot, 1983; Kiittas ve ark., 1996), enerji denge modelleriyle havanın türdeş sıcaklık simülasyonlarıyla (Fernandez ve Bailey, 1992) ve rüzgar tünelleriyle (Sase ve ark., 1984) toplam hava değişim oranını tahmin etmek üzerine dayanır. Bununla birlikte, bu teknikle sadece sera içerisindeki genel bir havalandırma oranının tahminine izin verir. Havalandırma açıklıklarından hava akışının direk tahmini de birkaç seradaki farklı basınç ölçümleriyle gerçekleştirilmiştir (Kittas ve ark., 1996).

Bu yüzden, sıcaklık farkı kuvvetleriyle ya da rüzgârın etkisi ile harekete geçen seralardaki hava akışının geliştirilmesi üzerine önemli bir bilgi eksikliği vardır. Sonuç olarak, yazarların çoğu bitki üzerindeki alan ve ürün tarafından işgal edilen hacim arasındaki farklılık olmaksızın hava hızları ve üniform sıcaklık olarak seralardaki iklim koşullarını sağlamaya çalışmaktadır (Molina-Aiz ve ark., 2004).

Mistriosis ve ark. (1997) iki boyutlu gridlerle CFD kullanarak Akdeniz sera tipinde çalıştı. Havalandırma etkinliği için de seraların planlanmasını geliştirmek için CFD yi güçlü bir araç olarak uygulamışlardır.

Kaçıra ve ark. (1998) farklı çevre koşulları için çok açıklı testere tipi seraların havalandırmasını değerlendirdi.

Al-Helal (1998) enerji ve kütle denge modellerinden elde edilen sonuçlarla simülasyon sonuçlarını karşılaştırarak kurak bölge seralarındaki doğal havalandırma çalışması için bir CFD modelini kullandı.

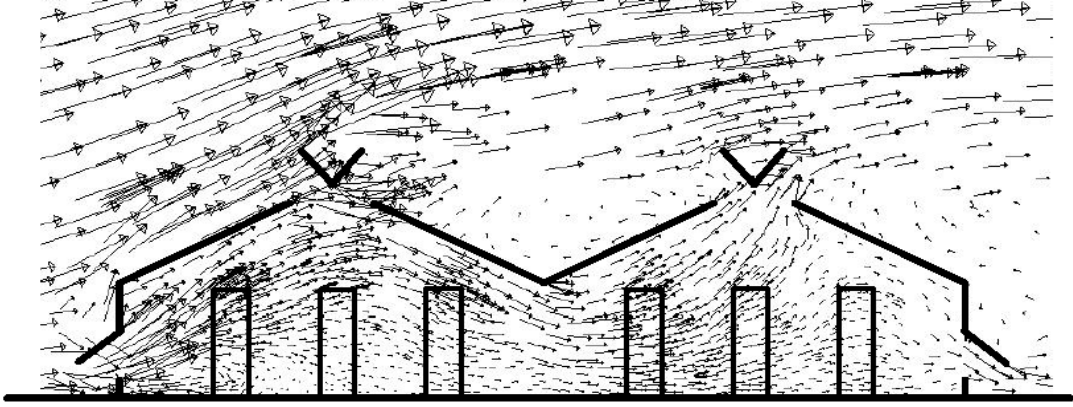
Haxaire (1999) bitkilerin çekme etkilerini belirlemek ve sera iç ortam hava akışı üzerine bitkilerin etkisini üzerine ilk çalışmayı yaptı. Çalışma rüzgâr tüneline gerçekleştirildi. Hava hızının farklı değerleri için damla basınç ve ürün yaprak alan indeksi arasındaki ilişkiler üzerine çalıştı. Bu ilişkiler için sera iç ortam iklimi üzerine kanopinin etkisini araştırmak için CFD yi daha sonraki çalışmalarında kullandı ve kanopinin çekim katsayısını hesapladı.

Lee ve Short (2000) aynı zamanda üründeki damla basıncı ve hava hızı arasındaki ilişkileri belirlemek için CFD ile bir model geliştirdiler.

Kaçıra ve ark., (2004a) yaptıkları çalışmada ile sera iç ve dış ortam iklim parametreleri kaydedilerek seraların havalandırma performansları değerlendirmiş ve elde edilen veriler ayrıca özellikle de son yıllarda sera doğal havalandırma sistemlerinin analiz edilmesi ve optimizasyonunda kullanılan hesaplamalı akışkanlar dinamiği yönteminin kullanıldığı bilgisayar simülasyonlarından elde edilecek olan verilerle de karşılaştırılarak irdelenmesini sağlamışlardır. Şekil 2.1 ve 2.2 da CFD simülasyonları ile sera aerodinamik özelliklerinin incelenmesi sera içi hava akış paterninin belirlenmesi ve havalandırma oranlarının eldesin de bir örnek çalışma sonuçları gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Altı bölmeli yay çatılı serada 3.5 m/s harici hava hızında sera çatı havalandırmasının sera içi hava akış paternine olan etkisi (Kaçıra ve ark., 2004a)



Şekil 2.2. Doğal havalandırmalı serada bitki örtüsünün, çatı ve yan duvar havalandırma konfigürasyonlarının sera havalandırmasına etkisinin belirlenmesi (Kaçira ve ark., 2004b)

2.2. Akışkanlar ve özellikleri

Isı geçişi problemlerinin çözümlenmesinde maddenin birçok özelliğini kullanmak gerekmektedir. Bu özellikler genellikle termodinamik özellikler olarak adlandırılır ve iki ayrı kategoriye ikiye alır, aktarım özellikleri ve termodinamik özelliklerdir. Aktarım özellikleri, λ ısı iletim katsayısı (ısı geçişi için) ve ν kinematik viskoziteyi (momentum geçişi için) kapsamaktadır. Termodinamik özellikler, diğer taraftan, bir sistemin denge hali ile ilgilidir. Yoğunluk (ρ) ve özgül ısı (C_p) bu çeşit iki özellik olup termodinamik çözümlemede yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yoğunluk: Yoğunluk bir akışkanın birim hacminin kütlesidir ve ρ ile gösterilir. Birimi ise kg/m^3 'dür.

Özgül ısı: Özgül ısı, bir maddenin birim kütlesinin sıcaklığını bir derece arttırmak için gerekli olan enerji olarak tanımlanır. Maddenin birim kütlesinin sıcaklığını sabit basınçta bir derece yükseltmek için gerekli enerji sabit basınçta özgül ısı, C_p , olarak açıklanabilir. Aynı işlemi hacim sabit kalırken yapmak için gerekli enerji de, C_v veya sabit hacimde özgül ısıdır. Özgül ısı birimi kJ/kg.K 'dir.

Isı iletim katsayısı: Isı iletim katsayısı bir aktarım özelliğidir ve malzemenin ısıyı ne kadar iletebildiğinin bir ölçüsüdür. λ ile gösterilir ve birimi W/mK 'dir. Belirli bir sıcaklık gradyanı için iletimle ısı akışı, ısı iletim katsayısının artışı ile artmaktadır.

Viskozite: Akışkan ortamların akışa karşı direncini ifade eden bir özelliğidir. Bir ortamın viskozitesi ne kadar yüksek olursa, kayma gerilmesi artarken şekil değiştirme

hızı o kadar yavaş artış gösterir. Bundan dolayı ideal akışlarda viskozite “sıfır” kabul edilmektedir. Genel lineer akışkanlarda uygulanan kayma gerilmesi ile hız gradyanı orantılı olduğundan, orantı sabiti olan viskozite μ ile gösterilirse:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (2.1)$$

olarak ifade edilir. Burada μ dinamik (mutlak) viskozitedir. Birimi ise kg/m.s’dir. Kinematik viskozite ise dinamik viskozitenin yoğunluğa oranıdır. Matematiksel olarak;

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (2.2)$$

şeklinde ifade edilir. Birimi ise, m²/s’dir.

Akışkanların viskoziteleri sıcaklıkla önemli derecede değişmektedir. Sıvı ortamların viskoziteleri sıcaklıkla azalırken, gazların viskoziteleri sıcaklıkla artmaktadır. Sıvı ortamlar için viskozitenin basınçla değişimi ihmal edilebilir.

Prandtl sayısı: Prandtl sayısı momentum yayılımının, akışkanın ısıl yayılımına oranıdır ve matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} \quad (2.3)$$

Burada $\alpha (= \lambda / \rho C_p)$ ısıl yayılım katsayısıdır. Bu oran hız ve ısıl sınır tabakaları içinde yayılımla momentum ve enerji aktarımının birbirlerine oranını gösterir. Sıvı metallerde $Pr < 1$ ’dir ve bundan dolayı ısıl enerjinin yayılımı momentum yayılımı oranını büyük ölçüde geçer. (Dorf, 2000)

2.2.1. Isı İletimi

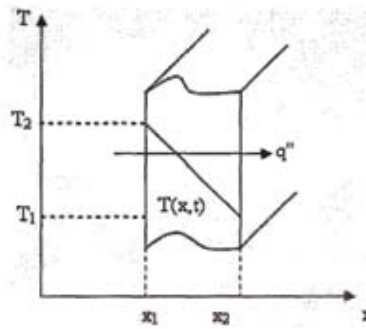
Katı veya durgun akışkan ortam içinde, sıcaklık farkı olması durumunda, ortam içinde gerçekleşen ısı geçişi için, iletim terimi kullanılır. İletim, bir maddenin daha yüksek enerji parçacıklarından daha düşük enerji parçacıklarına, enerjinin titreşimler ve çarpışmalarla aktarılması olarak tanımlanabilir. Daha yüksek kinetik enerji moleküller,

daha yüksek sıcaklıktadırlar. Komşu moleküller sürekli olarak çarpışırken, bir kısım kinetik enerji moleküllerden daha az enerjili moleküllere geçer. Bu işlem yüksek enerjili moleküllerde sıcaklık azalması, düşük enerjili moleküllerde sıcaklık artması olarak ortaya çıkacaktır. Dolayısıyla sıcaklık farkı olması durumunda sıcaklığın az olduğu yöne iletim enerji aktarımı gerçekleştirmektedir (Incropera ve ark., 2001).

Isı iletimi konusu ele alındığında en önemli nicelikler sıcaklık, ısı akısı ve malzemenin ısı iletim katsayısıdır. Şekil 2.3’de bir katı diliminde gerçekleşen ısı akışı görülmektedir. Verilen yüzeyden birim zamanda geçen ısı miktarı Q (W)’dur. Yüzeyin birim alanından birim zamanda aktarılan enerji ise ısı akısı olarak adlandırılır $[q'' (W/m^2)]$. Isı akısı bir vektörel nicelik ve yüzeydeki ısı geçişi doğrultusuna dik doğrultudadır ve yüzeyde ölçülür. Isı akısı ve sıcaklık değişimi arasındaki temel bağıntı Frouier Yasası olarak bilinir. Frouier yasası ifadesine göre birim alandan birim zaman zarfında geçen ısı akısı, ısı akışının aktığı yüzeyin dik doğrultusunda sıcaklık gradyanı ile orantılıdır (Dorf, 2000). Matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir:

$$q''(x,t) = -\lambda \nabla T(x,t) \quad (2.4)$$

Eşitliğin sağ tarafındaki (-) işareti termodinamiğin II. Kanunu ile uyumluluğunu ifade eder yani daha yüksek sıcaklıktaki bir noktadan daha düşük sıcaklıktaki bir noktaya iletimle ısı geçişi olmasından dolayı olan ısı akışını ifade eder.



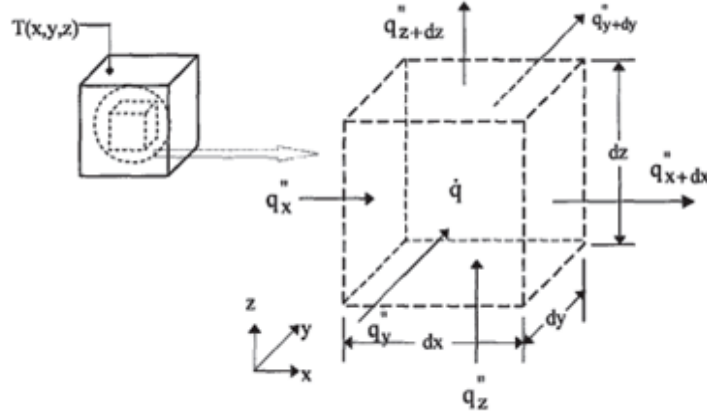
Şekil 2.3. Bir katı dilimi içinde ısı akışı

Üç Boyutlu Zamana Zamana Bağlı Isı İletim Denklemi: Şekil 2.4’de üç boyutlu ısı iletim denkleminin çıkartabilmek için, katı bir cismin içinde sonsuz küçüklükte bir diferansiyel eleman görülmektedir. Bu eleman içinde enerjinin korunumu yasası aşağıdaki gibi ifade edilir:

[İletim ile olan enerji kazancı]+[Hacim içinde üretilen enerji]

$$=[\text{İletim ile olan enerji kaybı}]+[\text{Hacim içinde depolanan enerji}] \quad (2.5)$$

$$q_x'' dydz + q_y'' dx dz + q_z'' dx dy + \dot{q} dx dy dz = \left(q_x'' + \frac{\partial q_x''}{\partial x} dx \right) dy dz + \left(q_y'' + \frac{\partial q_y''}{\partial y} dy \right) dx dz + \left(q_z'' + \frac{\partial q_z''}{\partial z} dz \right) dx dy + \rho(dx dy dz) C_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2.6)$$



Şekil 2.4. Üç boyutlu bir eleman içinde enerjinin korunumu

Gerekli sadeleştirmeler yapıldığında yukarıdaki ifade aşağıdaki şekle dönüşür.

$$-\frac{\partial q_x''}{\partial x} - \frac{\partial q_y''}{\partial y} - \frac{\partial q_z''}{\partial z} + \dot{q} = \rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2.7)$$

Gerekli ara işlemlerin yapılmasıyla, katılar ve statik akışkanlar için, zamana bağlı üç boyutlu enerji denkleminin türetilmesi için (2.8) eşitliği esas alınır (Perry, 1997).

$$C_p \rho \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \dot{q} \quad (2.8)$$

Burada x, y, z koordinat sistemini ve $\dot{q}$ ise birim hacim için katıdaki ısı üretiminin (kimyasal reaksiyon, nükleer reaksiyon, yada elektrik akımı v.s. sonucu oluşan)

değeridir. Uygun sınır ve başlangıç şartlarının uygulanmasıyla (2.8) denklemin çözümü malzeme içindeki sıcaklık dağılımını, konum ve zamanın fonksiyonu olarak verir.

2.2.2. Temel Akış Analiz Teknikleri ve Çözüm Denklemleri

Bir akışkan akışının analizi için üç temel yol mevcuttur (White, 1998).

1. Kontrol hacmi, ya da integral analizi
2. Sonsuz küçük eleman, ya da diferansiyel analiz
3. Deneysel çalışma ve boyut analizi

Bu üç analiz durumda da, termodinamiğin ve akışkanlar mekaniğinin genel korunum kanunlarına ek olarak, gazlar için hal denklemlerinin ve problemin başlangıç ve sınır şartlarının da bilinmesi gerekir. Bu durumda enerji transferi de meydana gelen bir akışın analizi için gerekli denklemler şunlardır:

1. Kütlenin korunumu (süreklilik)
2. Momentum (Lineer momentum) korunumu (Newton'un II. Kanunu)
3. Enerji korunumu (Termodinamiğin I. Kanunu)
4. Gazlar için hal bağıntısı ($\rho = \rho(P, T)$ vs.)
5. Katı yüzey, ara yüzey, akışkan giriş ve çıkış bölgelerine uygun sınır ve başlangıç şartları

İntegral ve diferansiyel analizlerde, yukarıdaki beş bağıntı matematiksel olarak modellenir ve sayısal metotlarla çözümlenir. Deneysel çalışmada ise herhangi bir matematiksel yaklaşım kullanmaksızın uygulama akışkanın kendisiyle gerçekleştirilir. Korunum kanunları, hareket eden akışkana ait sonsuz küçük bir eleman için yazılırsa, akış için genel diferansiyel denklemler elde edilir. Bu denklemleri özel bir probleme uygulamak için, probleme ait sınır şartların uygulanmasıyla matematiksel olarak bu denklemlerin integre edilmesi gerekir. Çok basit geometriler ve sınır şartları için tam analitik çözümleri elde etmek genellikle mümkündür (White, 1998). Diğer taraftan, bir bilgisayar ortamında nümerik (sayısal) integrasyon ile çözüm elde etmek mümkündür. Genellikle tam integral hesabına yaklaşımı sağlayacak sonlu boyuttaki elemanlar için toplam yöntemi kullanılmaktadır (Roache, 1972).

2.2.2.1. Kütlenin Korunumu Kanunu

Sonsuz küçüklükteki bir kontrol hacmi için kütlenin korunumu kanunu daimi olamayan (geçici) rejimdeki, sıkıştırılabilir bir akış için;

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0 \quad (2.9)$$

2.2.2.2. Lineer Momentum Korunumu

Newton'un II. Hareket kanuna göre diferansiyel bir kontrol hacmine etkiyen kuvvetlerin toplamı, kontrol hacmi içindeki momentum değişimine eşit olmalıdır.

$$\text{Sonsuz küçük bir eleman için; } \rho \mathbf{g} - \nabla P + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau}_{ij} = \rho \frac{dV}{dt} \quad (2.10)$$

Burada τ_{ij} gerilme tensörü'dür. Gerilme tensörü ise,

$$\tau_{ij} = \left[\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] - \frac{2}{3} \mu \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \delta_{ij} \quad (2.11)$$

Burada μ viskozite, ve δ_{ij} Kronecker deltadır ve aşağıdaki özelliklere sahiptir

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ 0 & i \neq j \end{cases} \quad (2.12)$$

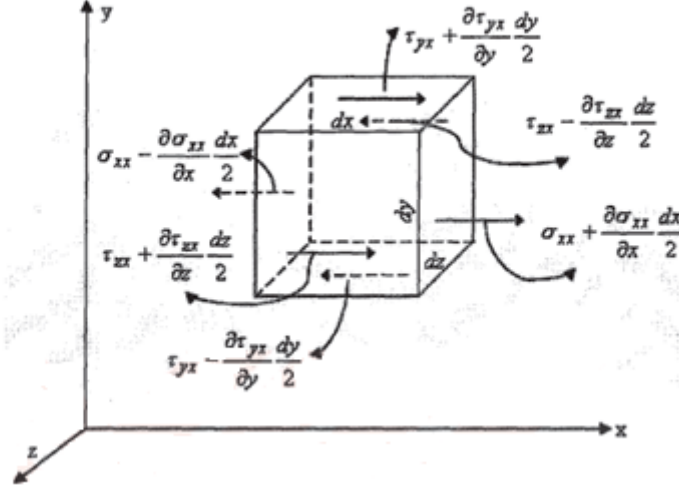
$$\frac{dV}{dt} = \frac{\partial V}{\partial t} + u \frac{\partial V}{\partial x} + v \frac{\partial V}{\partial y} + w \frac{\partial V}{\partial z} \quad (2.13)$$

Akışkan üzerine etki eden kuvvetler Taylor serisi açılımı kullanılarak elde edilir. Şekil 2.3'te sonsuz küçük bir eleman üzerinde x yönünde etki eden gerilmeler, (σ), gösterilmektedir. Diğer yönler içinde aynı şekilde eşitlikler yazılır ve toplanırsa hareket denklemi bulunur:

$$\text{x yönünde; } \rho g_x + \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} = \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (2.14)$$

$$\text{y yönünde; } \rho g_y + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} = \rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (2.15)$$

$$z \text{ yönünde; } \rho g_z + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{zz}}{\partial z} = \rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial w}{\partial x} v + \frac{\partial w}{\partial y} w + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) \quad (2.16)$$



Şekil 2.5. Diferansiyel elemana x yönünde etki eden gerilmeler

Akışkan için yukarıdaki denklemleri çözebilmek için, viskoz gerilmeleri diğer akış değişkenleri ile ilişkilendirmek gerekir. Bu gerilmeler akışkanın şekil değiştirmesi ile ilgili olup, şekil değiştirme hızı ise akışkan viskozitesi ve akış içindeki hız değişimleriyle orantılıdır (Incropera ve ark., 2001). Bundan dolayı hızı çözmek için (2.14, 2.15, 2.16) eşitliklerini kullanmadan önce sıkıştırılamaz akış için Kartezyen koordinatlarda gerekli gerilme bileşenleri aşağıdaki şekillerdedir;

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} = \mu \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right), \tau_{yz} = \tau_{zy} = \mu \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right), \tau_{zx} = \tau_{xz} = \mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \quad (2.17)$$

$$\sigma_{xx} = -P - \frac{2}{3} \mu \nabla \cdot \vec{V} + 2\mu \frac{\partial u}{\partial x} \quad (2.18)$$

$$\sigma_{yy} = -P - \frac{2}{3} \mu \nabla \cdot \vec{V} + 2\mu \frac{\partial v}{\partial y} \quad (2.19)$$

$$\sigma_{zz} = -P - \frac{2}{3} \mu \nabla \cdot \vec{V} + 2\mu \frac{\partial w}{\partial z} \quad (2.20)$$

Bir akışkan elemanın komşu yüzeyleri üzerine etki eden kayma gerilmelerinin eşit fakat zıt yönlü olduğuna dikkat edilmelidir. Momentum denkleminin son şekli, (2.17, 2.18, 2.19, 2.20) eşitliklerindeki gerilmelerin (2.14, 2.15, 2.16) eşitliklerinde yerine konulmasıyla elde edilir. Sonuçta elde edilen Navier-Stokes denklemleri:

$$\text{x yönünde; } \rho g_x - \frac{dP}{dx} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) = \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) \quad (2.21)$$

$$\text{y yönünde; } \rho g_y - \frac{dP}{dy} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) = \rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) \quad (2.22)$$

$$\text{z yönünde; } \rho g_z - \frac{dP}{dz} + \mu \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) = \rho \left(\frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) \quad (2.23)$$

İkinci dereceden, non-homojen kısmi diferansiyel denklemler viskoz sıkıştırılamaz akışkanlar için genel denklemlerdir. Navier-Stokes denklemlerini analitik olarak çözmek oldukça zordur. Bazı basitleştirilmiş durumlar için laminar akış halinde çözümünü mümkündür. Bu nedenle, Navier-Stokes denklemlerinin analitik çözümü ayrıca laminar akışın bozulması ve türbülansın başlamasını tahmin edecek kararlı analiz için başlangıç noktasını temsil eder.

2.2.2.3. Enerji Korunumu

Bir kontrol hacmine giren ısı ve mekanik enerji, artı kontrol hacmi içinde üretilen enerji, eksi kontrol hacminden çıkan ısı ve mekanik enerji, kontrol hacmi içinde depolanan enerjiye eşittir.

$$\rho.C_p \frac{dT}{dt} = k \nabla^2 T + \mu \phi \quad (2.24)$$

Sürtünme kayıpları $\mu \phi$, kartezyen ve silindirik koordinatlarda aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$\mu \phi = \mu \left[\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 + \right. \\ \left. 2 \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 \right] - \frac{2}{3} \left[\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right]^2 \right] \quad (2.25)$$

$$\mu\phi = \mu \left[\left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial \theta} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial r} + \frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \theta} + r \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{v}{r} \right) \right)^2 + 2 \left[\left(\frac{\partial u}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta} + \frac{u}{r} \right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right] \right] \quad (2.26)$$

Yukarıdaki denklemlerin sağındaki ilk üç terim viskoz kayma gerilmelerinden kaynaklanır ve kalan terimler ise viskoz normal gerilmelerden ortaya çıkar. Bir bütün olarak bu terimler akışkan içinde kinetik enerjinin viskoz etkiler nedeniyle ısı enerjisiye tersinmez olarak dönüşümünü simgeler (Incropera ve ark., 2001).

2.2.2.4. Türbülans Modeli

Türbülansın genellikle akıştaki dönme ya da girdaptan etkilenmesinden dolayı FLUENT kodunun dönem ya da girdabın etkilerinin de hesaba katılmasıyla daha doğru türbülans viskozitesinin hesaplanmasını sağlayan “Renormalization-group theory (RNG)” $k-\varepsilon$ türbülans modeli seçilmiştir (Yakhot ve ark., 1986).

Akışkanın viskozitesi (moleküler viskozite, μ) sıcaklıkla ekponansiyel olarak azalmaktadır. Akışkanın özgül ısı ve ısı iletkenlik katsayısının sıcaklıkla değişimi ihmal edilmektedir. Yerçekiminin etkisi ihmal edilmiştir.

Akışın modellenmesinde, korunum denklemleri ve hacim oran denklemleri Simple algoritmasına dayanan iteratif yöntemle sayısal akışkan dinamiği programı Fluent kullanılarak çözülmüştür. Bu program, problemi karakterize eden diferansiyel denklemleri kontrol hacim yöntemi ile çözmektedir. Fluent programı, tanımlanan başlangıç ve sınır şartları için gerekli diferansiyel denklemleri çözmektedir. Sera içerisindeki hava akımını karakterize eden bu kısmi diferansiyel denklemler (zaman bağımsız, türbülanslı, kütle, momentum ve enerji korunumu denklemleri) kullanılmıştır.

RNG $k-\varepsilon$ modeli için ilave transport denklemleri:

Türbülans kinetik enerjisi, k , ve yayılma oranı, ε , sırasıyla aşağıda verilen denklemlerin kullanılmasıyla hesaplanır.

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i k) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\alpha_k \mu_{eff} \frac{\partial k}{\partial x_i} \right) + G_k - \rho \varepsilon \quad (2.27)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\alpha_\varepsilon \mu_{eff} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right) + \frac{\varepsilon}{k} (C_{1\varepsilon} G_k - C_{2\varepsilon} \rho \varepsilon) - \chi \quad (2.28)$$

Burada α_k ve α_ε , k ve ε için zıt efektif Prandtl sayılarıdır. Burada C_μ , $C_{1\varepsilon}$ ve $C_{2\varepsilon}$ model sabitleridir.

$$G_k = \mu_t S^2 \quad (2.29)$$

$$\chi = C_\mu \rho \frac{\eta^3 \left(1 - \frac{\eta}{\eta_0} \right)}{1 + \beta \eta^3} \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (2.30)$$

$$\eta_0 = 4.38, \beta = 0.012 \text{ ve}$$

$$\eta = S \cdot \frac{k}{\varepsilon} \quad (2.31)$$

S ise değiştirme tensörünün ortalama oran modülüdür ve matematiksel ifadesi;

$$S = \sqrt{2 S_{ij} S_{ij}} \quad (2.32)$$

şeklinde tanımlanır.

S_{ij} ortalama şekil değiştirme oranıdır;

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (2.33)$$

řeklindedir.

Çözümü zor olan genel diferansiyel denklemleri bile artık nümerik analiz olarak bilinen yaklaşım tekniği ile çözmek mümkündür. Matematik çözümlerini bulmak için analitik yöntemlerin yeterli olmadığı geometriler ve/veya sınır koşulu içeren problemlerde CFD bilgisayar kodu genellikle sonlu fark, sonlu eleman veya sınır eleman gibi sayısal yöntemleri kullanmaktadır. CFD seçilen geometriler için akış alanındaki akış hızı, basınç ve sıcaklık dağılımı, akış modeli gibi özellikler hakkında bilgi vererek akışkan akışını tahmin edebilen bir araçtır. Analiz modelinin kolay oluşturulabilmesi ve özel analiz şartlarında da alt programların kullanılmasıyla kodu

değiştirebilmenin mümkün olmasından dolayı bu çalışmada CFD bilgisayar kodu olarak Fluent kullanılmıştır. Fluent bilgisayar kodu, akışı karakterize eden Navier-Stokes ve diğer korunum denklemlerini sonlu hacimler metodu ile çözmektedir. Fluent bilgisayar kodu çeşitli türbülans modelleri içermektedir. $k-\varepsilon$ modeli seçildiği takdirde ilave türbülans kinetik enerji ve türbülans yayılım oranı çözülür ve türbülans viskozitesi μ_t , k ve ε 'nun fonksiyonu olarak hesaplanır (Baştürk, 2004).

2.3. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD)

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği günümüzde özellikle akışkan ile ilgili olan ürünlerin analizlerinin yapılmasına ve performanslarının sınanmasında kullanılmaktadır. Bu programlar kullanılarak süreklilik, momentum ve enerji denklemleri bilgisayar ortamında sayısal olarak çözülmekte ve akış ile ilgili bazı parametrelerin dağılımlarının elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiğinin hızlı gelişmesi ve başarılı analizlerin eldesi sonucunda, teknik alanda bu konu bir branş haline gelmiştir. Günümüzde bu alanda profesyonel olarak çalışan ve değişik akışkanların çözümünü elde eden uzmanlara ulaşmak zor olmamıştır.

CFD ile laminar akışlar kolayca çözümlenebilirken uygulamadaki türbülanslı akışları türbülans modellerini kullanmaksızın çözmek imkansızdır. Ne yazık ki genel bir türbülans modeli yoktur ve bir türbülanslı CFD çözümü sadece türbülans modelinin uygunluğu kadar iyidir. Bu sınırlamaya rağmen, standart türbülans modelleri uygulamadaki çoğu mühendislik problemlerinde makul çözümler verir.

Farklı rüzgâr hızlarında havalandırma işlemini etkileyen seraların yapısal karakteristiklerinin araştırılması, ısı farkıyla daha etkin havalandırma sağlayacak sera planlarının geliştirilmesi için yol gösterici olacaktır. CFD (Computational Fluid Dynamics) simülasyonları seralarda rüzgâr etkisiyle meydana gelen havalandırmayı tahmin etmek için başarıyla kullanılmıştır (Mistriotis ve ark., 1996). Buna karşın, rüzgâr hızının düşük olduğu ve havalandırmanın büyük oranda ısı farkıyla yapıldığı yerlerde, havalandırma şartlarının analizinde sınırlı ilerleme kaydedilmiştir. Bu durum, simülasyonla elde edilen sayısal sonuçları doğrulamak için yeterli deneysel veri eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

CFD tekniği havalandırma etkinliği ile ilgili yapısal planların geliştirilmesi ve sera iç ortam iklimini modellemek için güçlü bir araç olarak değerlendirilebilir. Seralarda iç

ortaç iklim koşullarını etkili bir şekilde kontrol edebilmek için havalandırma sistemlerinin özelliklerini tanımlayabilmek için sistematik çalışmaların ortaya konması gereklidir.

Reichrath ve Davies (2002) CFD (Hesaplamalı akışkan dinamiği) bir simülasyon aracıdır. Çoğunlukla, akışkanın akışı, ısı ve kütle hareketlerini içeren taşınım işlevlerinin tüm çeşitlerinin çalışma davranışlarını belirlemede kullanılır. CFD simülasyonlarının tipik çıktıları akış hızı, yönü, basınç, sıcaklık konsantrasyonlarının geçici ve uzaysal dağılımlarıdır. CFD'nin çıkış noktası kimya, otomotiv, uzay bilimleri ve nükleer endüstri de kullanılır ve son yıllarda CFD gıda işleme uygulamalarında da uygulanmıştır. CFD'nin daha sonraki uygulamaları seraların iç ortam iklim koşullarını modellemede kullanılan tarımsal araştırmalarda kullanılmıştır. Böyle modeller dış ortam iklim koşulları ve kontrol stratejileri üzerine iç ortam koşullarına bağlı çalışmalarda kullanılabilir.

Norton ve ark., (2007) CFD gerçek bir çevre içerisinde farklı planlama koşulları altındaki yapıların havalandırılmasıyla ilgili olarak iç ortam iklim koşullarını doğru bir şekilde değerlendirebilmenin etkili bir vasıtası olarak tercih edilebilir. Bu yüzden fiziksel deneylerin miktarları gözle görülebilir nitelikte azalabilir. CFD bir simülasyon tekniği olarak, etkili bir şekilde hem uzaysal hem de akışkanın basıncı, sıcaklığı ve hızının alansal çözümlerini ortaya çıkartabilir. Aynı zamanda, kimya, uzay bilimleri ve hidro dinamik sanayi sistemlerinde sistem planlanması ve optimizasyonunu etkili bir şekilde kullanılabilmektedir. Akışkanların doğası gereği ve sistem performansı üzerine akışkanın etkileri göz önüne alınarak pek çok farklı disiplinler tarafından yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

3. MATERYAL VE METOD

Bu bölümde araştırması yapılacak olan 6 farklı model ile ilgili bilgiler verilmiş ve kullanılan metotlar açıklanmıştır.

3.1. Materyal

3.1.1 Konum ve İklim Özellikleri

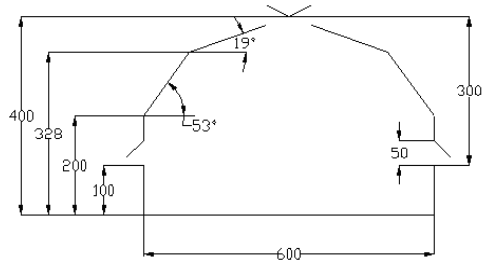
Araştırma alanı olan Samsun ili 41° 17' enlem ve 36° 18' boylam değerlerine sahiptir. İklim özellikleri olarak 1975-2009 yılları arasındaki iklim verilerinin ortalaması Çizelge 3.1'deki gibi kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Samsun iline ait 1975-2009 yılları arası iklim değerleri ortalaması

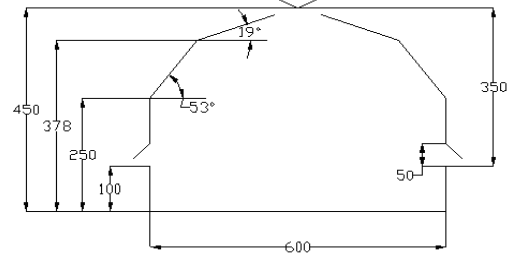
Meteorolojik Elemanlar	Ortalama Sıcaklık, °C	Ortalama Nisbi Nem, %	Ortalama Rüzgar Hızı, m/s	Güneşlenme Süresi, kwhm ⁻² d ⁻¹
Ocak	7.01	67.42	3.29	1.57
Şubat	6.64	69.50	2.93	2.20
Mart	7.98	74.89	2.43	3.06
Nisan	11.24	78.97	1.95	4.06
Mayıs	15.35	80.24	1.67	5.13
Haziran	20.14	75.97	1.97	5.97
Temmuz	23.27	74.04	2.35	5.96
Ağustos	23.59	73.50	2.34	5.22
Eylül	19.97	75.54	2.15	4.02
Ekim	15.96	76.24	2.12	2.64
Kasım	11.84	69.95	2.47	1.78
Aralık	8.86	65.85	3.17	1.37

Çalışmada 6 farklı modelde sera kullanılacaktır. Seraların özellikleri Şekil 3.1 ve Çizelge 3.2'de verilmiştir. Şekil 3.1'de gösterilen a, b, c, d ve e sera modellerinin hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) uygulaması yapılacaktır. Şekil 3.1'de verilen f sera modelinin Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi sera uygulama alanındaki yay çatılı, 6x20 m uzunluğunda 120 m² taban alanına sahip olan sera kullanılmıştır.

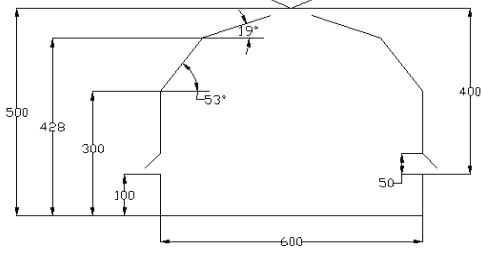
Seraların taban alanı 6m x 20 m, olup, seraların makas aralıkları 2m olarak planlanmıştır. Toplam hava çıkış açıklığı sera taban alanının %15-25' i kadar olmalıdır (Anon., 2008). Yan duvarlardaki hava giriş açıklıklarında çatı havalandırma açıklıklarına eşit ya da en az $1/2 - 2/3$ 'ü kadar olmalıdır.



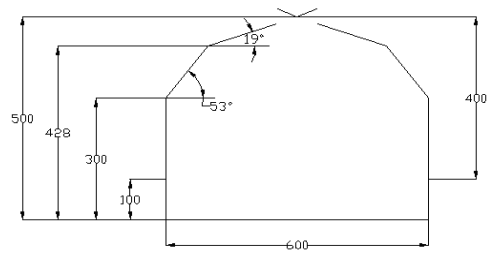
(a)



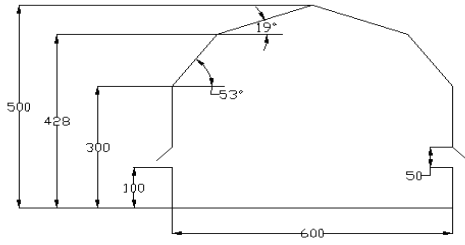
(b)



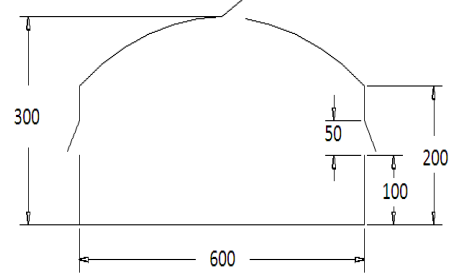
(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 3.1. Çalışmada ana metaryalini oluşturacak seraların en kesit görünüş ve boyutları. ((a) A modeli, (b) B modeli, (c) C modeli, (d) D modeli, (e) E modeli ve(f) F modeli)

Çizelge 3.2. Modellerin ve seranın yapısal özellikleri

Sera	Yan duvar yüksekliği (cm)	Mahya Yüksekliği (cm)	Yan duvar havalandırma açıklığı (m ²)	Çatı havalandırma açıklığı (m ²)	Etkili Havalandırma yüksekliği (cm)	Sera taban alanı (m ²)
A	200	400	20	20	300	120
B	250	450	20	20	350	120
C	300	500	20	20	400	120
D	300	500	-	20	-	120
E	300	500	20	-	-	120
F	200	300	20	10	200	120

3.2 Metod

Bu kısımda seralarda çevre koşullarını saptanması ve düzenlenmesiyle seraların planlanmasına ilişkin yöntemler açıklanmıştır.

3.2.1. Seralarda Çevre Koşullarının Saptanmasında Uygulanan Yöntemler

Seralarda yapılması gereken havalandırma miktarı, ısı dengesi ilişkisinden yararlanılarak elde edilmektedir (Baytorun, 1995). Seralarda ısı kazanç kaynakları; güneş enerjisi, sera içerisindeki ekipmanlar, ısıtma sistemi ile bitkilerin solunumu sonucu ortama verilen ısıdan oluşmaktadır. Isı kayıpları ise; seranın dış ortamla temas halinde bulunan yüzeyleri ile sera tabanından kondüksiyon yoluyla, sera ortamından radyasyonla, kontrol edilemeyen açıklıklardan infiltrasyon yoluyla, havalandırmayla ve fotosentez sonucu harcanan ısıdan oluşmaktadır. Söz konusu bu ısılardan solunum, fotosentez ve tabandan kaybolan ısı ihmal edilebilir. Ekipmanların yaydığı ısı, ısıtma sistemi içerisinde, radyasyonla kaybolan ısı da kondüksiyonla kaybolan ısı içerisinde düşünülmektedir (Hellickson ve Walker, 1983; Anon., 2008). Seralarda hava değişim miktarının belirlenmesinde kullanılan ısı dengesi ilişkisi Hellickson ve Walker (1983)'na göre aşağıdaki gibidir.

$$Q_g = Q_k + Q_i + Q_h \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

Q_g : Güneşten kazanılan ısı (kW)

Q_k : Kondüksiyon yoluyla kaybolan ısı (kW)

Q_i : İnfiltrasyon yoluyla kaybolan ısı (kW)

Q_h : Havalandırma yoluyla kaybolan ısı (kW)

Güneşten kazanılan ısı enerjisi Hellickson ve Walker'a (1983) göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$Q_g = \tau . I . A_s \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

Q_g : Güneşten kazanılan ısı (kW)

τ : Örtü malzemesi ışık geçirgenlik oranı (%)

I : Güneş radyasyon yoğunluğu (kW/m²)

A_s : Sera tabanı (m²)

Güneş radyasyon yoğunluğu (I), Hellickson ve Walker (1983) ile Yağanoğlu'nda (1996) önerilen aşağıdaki ilişkiyle belirlenmiştir.

$$I = (C + \sin \beta) . A . e^{-B/\sin \beta} \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

I : Güneş radyasyon yoğunluğu (kW/m²)

β : Güneş ışığı geliş açısı

A,B,C: Katsayı

Sera örtü malzemesi özelliklerine göre değişen τ değerleri ile aylara göre A, B, C değerleri Hellickson ve Walker'dan (1983) alınmıştır.

Güneş ışığı geliş açısı, güneş ışığının yatay düzlemle yapmış olduğu açı olup Duffie ve Beckman (1974), Chau (1982), Uyarel ve Öz'e (1987) göre aşağıdaki eşitlikle bulunmuştur.

$$\beta = \sin^{-1}(\cos\delta \cdot \cos e \cdot \cosh + \sin\delta \cdot \sin e) \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

β : Güneş ışığı geliş açısı,

δ : Deklinasyon açısı,

e : Enlem derecesi,

h : Saat açısı.

Deklinasyon açısı (δ), Duffie ve Beckman (1974), Chau (1982), Uyarel ve Öz'de (1987) aşağıdaki şekilde açıklanmıştır.

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \frac{G + 284}{365}\right) \quad (3.5)$$

Eşitlikte;

δ : Deklinasyon açısı,

G : Ocak ayının 1. Gününden göz önüne alınan güne kadar olan gün sayısı.

Saat açısı (h), güneş öğlesi (yerel saat 12:00) ile göz önüne alınan zaman arasındaki saat farkının öğleden önce 15, öğleden sonra -15 sayısı ile çarpımıyla bulunmuştur (Duffie ve Beckman, 1974)

Havalandırmayla uzaklaştırılması gereken başlıca ısı, güneş enerjisi ile kazanılan ısıdır. Güneşten kazanılan ısı, gün boyunca güneş yükseldikçe ve güneş geliş açısı arttıkça değişim göstermektedir. Maksimum güneş enerjisi öğle zamanında görüldüğü için seralarda havalandırma gereksinimi bu zamana göre belirlenmektedir (Hellickson ve Walker, 1983;).

Seralarda kondüksiyon yoluyla yapı elemanlarından oluşan ısı kaybı Hellickson ve Walker (1983), Anonymous (2008) önerdiği aşağıdaki eşitlikte hesaplanmıştır.

$$Q_k = U \cdot A_k \cdot (t_i - t_d) \quad (3.6)$$

Eşitlikte;

Q_k : Kondüksiyon yoluyla kaybolan ısı (kW),

U : Sera yüzeyleri ısı geçirme katsayısı ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$),

A_k : Sera yüzey alanı (m^2),

t_i : Sera içi sıcaklığı ($^\circ C$),

t_d : Proje dış sıcaklığı ($^\circ C$).

Sera yüzeyleri ısı geçirme katsayısı (U), Ekmekyapar (1991), Okuroğlu ve Yağanoğlu'na (1996) göre aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{d_1}{k_1} + \frac{d_2}{k_2} + \dots + \frac{d_n}{k_n} + \frac{1}{f_d}} \quad (3.7)$$

Eşitlikte;

U : Sera yüzeyleri ısı geçirme katsayısı ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$),

f_i : Yapı elemanının iç yüzeysel ısı geçirme katsayısı ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$),

f_d : Yapı elemanının dış yüzeysel ısı geçirme katsayısı ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$),

d_1, d_2, d_n : Yapı elemanını oluşturan elamanların kalınlıkları (m),

k_1, k_2, k_n : Yapı elemanlarını oluşturan malzemelerin ısı iletkenlikleri ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$).

Seralarda kondüksiyon yoluyla ısı kaybı, sera örtü yüzeyi ile subasman yüzeylerinden olmaktadır. Eşitlikte yer alan yapı malzemeleri ısı iletkenlik değerleri ile yapı elemanlarının yüzeysel ısı geçirme katsayıları Baytorun'dan (1995) alınmıştır.

Seralarda infiltrasyon yoluyla olan ısı kaybı Anonymous'da (2008) verilen aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$Q_i = 0,5.V_s.N.(t_i - t_d) \quad (3.8)$$

Eşitlikte;

Q_i : İnfiltrasyon yoluyla olan ısı kaybı (kW),

V_s : Sera hacmi (m^3),

N : Hava değişim katsayısı (1/h)

t_i : Sera içi sıcaklığı ($^{\circ}C$),

t_d : Proje dış sıcaklığı ($^{\circ}C$).

İnfiltrasyon eşitliğinde geçen hava değişim (N) değerleri çeşitli sera konstrüksiyon ve örtü malzemeleri için Anonymous'dan (2008) alınmıştır.

Hellickson ve Walker (1983), Baytorun (1995) ve Yağanoğlu'na (1996) göre havalandırma yoluyla kaybolan ısı, duyulur ısı ve gizli ısı kaybı şeklinde olup aşağıdaki eşitlikle gösterilmiştir.

$$Q_H = Q_{duy} + Q_{giz} \quad (3.9)$$

Eşitlikte;

Q_H : Havalandırma yoluyla kaybolan ısı (kW),

Q_{duy} : Duyulur ısı kaybı (kW),

Q_{giz} : Gizli ısı kaybı (kW).

Duyulur ısı kaybı aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir (Hellickson ve Walker, 1983; Yağanoğlu, 1996).

$$Q_{duy} = \frac{M}{v} . c_p . (t_i - t_d)$$

Eşitlikte;

Q_{duy} : Duyulur ısı kaybı (kW),

M : Havalandırma miktarı (m^3/kg)

v : Havanın özgül hacmi (m^3/kg),

c_p : Havanın özgül ısısı ($kJ/kg\ ^\circ C$; $c_p=1\ kJ/kg\ ^\circ C$),

t_i : Sera iç sıcaklığı ($^\circ C$).

Gizli ısı kaybıda aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır (Hellickson ve Walker, 1983; Yağanoğlu, 1996).

$$Q_{giz} = E.F.Q_g \quad (3.10)$$

Eşitlikte;

Q_{giz} : Gizli ısı kaybı (kW),

E : Evapotransprasyonun güneş radyasyonuna oranı,

F : Bitki örtü katsayısı,

Q_g : Güneşten kazanılan ısı (kW).

Eşitlikte yer alan E değeri 0,5 , F değeri ise 0,7 olarak alınmıştır (Hellickson ve Walker, 1983).

Isı dengesi eşitliği açık bir şekilde aşağıdaki gibi yazılabilir (Hellickson ve Walker, 1983; Yağanoğlu, 1996).

$$(1 - E.F).\tau.I.A_s = U.A_k.(t_i - t_d) + \frac{M}{v}.c_p.(t_i - t_d) + 0,5.V_s.N.(t_i - t_d) \quad (3.11)$$

Eşitlikte;

E : Evapotransprasyonun güneş radyasyonuna oranı,

F : Bitki örtü katsayısı,

τ : Örtü malzemesi ışık geçirgenlik oranı (%)

I : Güneş radyasyon yoğunluğu (kW/m^2)

A_s : Sera tabanı (m^2)

U : Sera yüzeyleri ısı geçirme katsayısı ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$),

A_k : Sera yüzey alanı (m^2),

M : Havalandırma miktarı (m^3/kg)

v : Havanın özgül hacmi (m^3/kg),

c_p : Havanın özgül ısısı ($kJ/kg \text{ } ^\circ C$; $c_p=1 \text{ kJ/kg } ^\circ C$),

t_i : Sera iç sıcaklığı ($^\circ C$),

t_d : Proje dış sıcaklığı ($^\circ C$),

V_s : Sera hacmi (m^3),

N : Hava değişim katsayısı ($1/h$)

3.2.2 Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Çözümünde Yararlanılan Eşitlikler

Çalışmamızda modellerimizi çözümlerken Ansys 12.1 yazılım programından yararlanılmıştır. Bu paket programı içerisinde 6 farklı sera modellerinin ayrı ayrı geometrileri yazılım programı içerisinde çizilip, yine bu programın içerisinde çözüm aralıklarının belirlenmesi için gerekli mesh oluşumu da burada yapılmıştır. Daha sonra Ansys 12.1 içerisinde FLUENT programı içerisinde modellerimizin hesaplamalı akışkanlar dinamiği içerisinde çözümleri yaptırılmış ve sonuçlar bu kısımdan elde edilmiştir. FLUENT Navier Stokes denklemlerini kullanır. Bu denklemlerden bazıları yukarıda verildiği gibidir. Bu verilen denklemlerin Fluent programında daha rahat çözülebilmesi için aşağıdaki gibi genel formda yazılabilir (Launder ve Spalding, 1974).

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot \varphi \cdot \vec{V} = \vec{\nabla} \cdot \left(\Gamma_\varphi \cdot \vec{\nabla}_\varphi \right) + S\varphi \quad (3.12)$$

Eşitlikte;

$\vec{V}$: Hız vektörü (m/s),

Γ_φ : Taşınım miktarının difüzyon sabiti

S_φ : Kaynak süresi

φ : Taşınım miktarının sabiti

Giriş akışı, düşey logaritmik hız yayılımıyla baskısız olarak varsayılır (Richards ve Hoxey, 1993).

$$U_{inl}(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln\left(\frac{z + z_0}{z_0}\right) \quad (3.13)$$

$$u_* = \frac{\kappa U_h}{\ln((h + z_0)/z_0)} \quad (3.14)$$

Eşitlikte;

U_{inl} : Giriş hızı (m/s),

u_* : Sürtünme hızı (m/s),

κ : Von Karman sabiti ($\kappa=0.42$),

z : Akışın etkili olduğu yükseklik (m),

z_0 : Akış boyunca oluşan sürtünme uzunluğu (m)

U_h : Referans hız (m/s)

h : referans uzunluk (m).

3.2.3. Modellerin çözümünde izlenen aşamalar

3.2.3.1. Geometrilerin Oluşturulması

Ansys 12.1 yazılım programı geometri oluşumu, mesh oluşumu ve Fluent çözümünün hepsini içinde barındırır. Bunun için öncelikle geometri oluşturulması üzerinde çalışmıştır. Geometriler 1/1 ölçek dahilinde çizim tekniklerine uygun bir şekilde oluşturulmuştur. Burada en önemli nokta sınır koşullarının belirlenmesinden önce isimlendirmenin de bu bölümde yapılabiliyor olmasıdır. Bunun için sera içerisine havanın giriş yapacağı pencere aralığını giriş, havanın çıkış yapacağı pencere aralığına çıkış, geri kalan katı kısımları da duvar olarak isimlendirilmiştir. Bu program

isimlendirmeyi yaparken aynı zamanda kendi içerisinde sınır şartlarının tiplerini bu üç tip için atamaktadır. Yani giriş olarak adlandırılan yüzeylerin sınır tipi “velocity_inlet”, çıkış olarak adlandırılan yüzeylerin sınır tipi “pressure_outlet”, duvar olarak adlandırılan yüzeylerin sınır tiplerini de “wall” olarak gösterilmektedir. Bu çalışmada kullanılan sera modelleri yukarıda sayılan sınır şartları altında oluşturulmuştur.

3.2.3.2. Mesh Oluşturulması

Çözüm yapılacak akışkanın daha doğru ve kesin sonuçlar verebilmesi için hücrelere ayrılması gerekmektedir. Bu amaçla, akış alanı belli grid ya da mesh denilen ağlara bölünmüştür. Bu kısımda ne kadar doğru ağ ataması yapılırsa Fluent’te yapılacak çözümü de o denli etkileyecektir. Havanın giriş ve çıkış noktalarında çözümün daha hassas olabilmesi için bu bölgelerde atılacak ağların daha sıkı ve küçük yapıda finegrid olması istenmektedir. Bunun için Ansys 12.1 yazılım programı içerisinde bu koşulu sağlayan özel metodlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada mesh oluşumunda bu şartı sağlayabilmek için “Tetrahedron” ağ yapısını kullanılmıştır. Bu şekilde seraların tamamında en iyi ağ oluşumu sağlanmıştır.

3.2.3.3. Fluentte çözüm

Uygun ağ yapısı oluşturulduktan sonra sera modelleri Fluent!e çözüme gönderilmiştir. Bunun için kullanılan teknik çözümler Çizelge 3.3’de verildiği gibidir.

Çizelge 3.3. Fluent yazılım programında kullanılan metodlar

Solver	Type Velocity Formulation Time	Pressure_Based Absolute Steady
Model	Energy Viscous	On RNG k-ε, Standart Wall Functions
Material	air	Density=1.225 kg/m ³ , cp=1006.43 j/kg.K, Thermal Conductivity=0.0242 w/m.K
Boundary Conditions	giriş çıkış duvarlar	velocity_inlet pressure_outlet wall
Solution Methods	Gradient Pressure Momentum Turbulent Kinetic Energy Turbulent Dissipation Rate Energy	Least Squares Cell Based Second Order Second Order Upwind Second Order Upwind Second Order Upwind Second Order Upwind
Solution Controls	Momentum Turbulent Kinetic Energy Turbulent Dissipation Rate Turbulent Viscosity Energy	0.7 0.8 0.8 1 1
Iterations	Number of Iterations	100

Türbülans modelleri arasından RNG k-ε türbülans modeli, standart k-ε modelinden farklı olarak “re-normalization group” metodu olarak adlandırılan istatistiksel bir teknik kullanılarak elde edilmiştir. Model denklemleri standart k-ε modelinde kullanılan denklemlere benzemesine rağmen denklemlerde çeşitli sabitler için farklı değerlerin kullanılması nedeniyle istatistiksel türetme farklı sonuçlar verir. Türbülans genellikle akıştaki dönme ya da girdaptan etkilenir. Fluent CFD kodu dönme yada girdabın etkilerinin de hesaba katılmasıyla uygun bir şekilde türbülans viskozitesinin hesaplanmasını sağlayan RNG k-ε türbülans modelini geliştirmiştir.

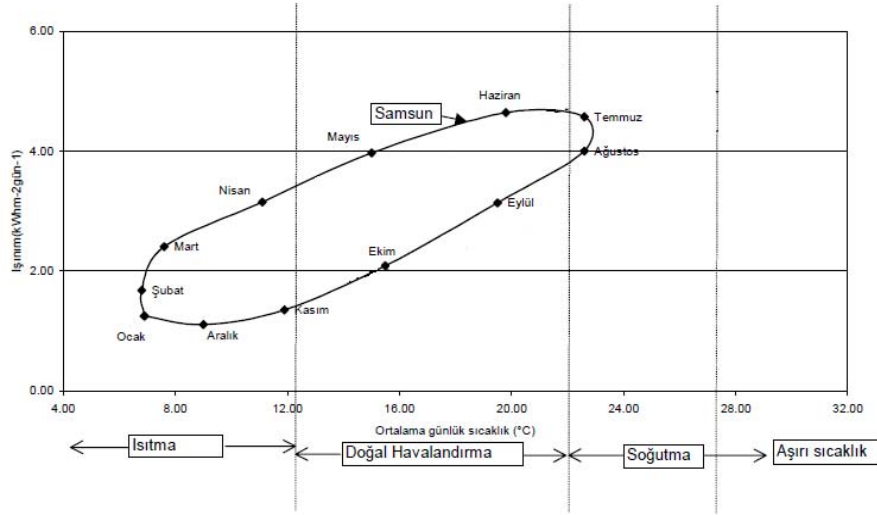
Ayrıca birçok araştırmacı girdap ve dönmenin olduğu akışlar için Standart ve RNG k- ε modellerini karşılaştırmışlardır ve bu çalışmaların sonucunda RNG k- ε modeli deneysel değerlerle daha tutarlı sonuçlar verirken, Standart k- ε modeli yetersiz kalmıştır. Literatürde yer alan türbülans akış modelleri üzerine yapılan araştırmalar, eğrisel yapıdaki geometriler, durgun akışlar, ayrılmış akışlar ve girdaplı akışlar için RNG k- ε modelinin Standart k- ε modelinden daha doğru sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Bundan dolayı, bu çalışmada türbülans modeli olarak RNG k- ε modeli seçildi. RNG k- ε modeli için sabitler ise Çizelge 3.4.'te verilmektedir (Baştürk, 2004).

Çizelge 3.4. RNG k- ε modeli için model sabitleri

C_{μ}	$C_{1\varepsilon}$	$C_{2\varepsilon}$	Duvar Pr sayısı
0.0845	1.42	1.68	0.85

4. BULGULAR, DEĞERLENDİRME VE TARTIŞMA

Doğal havalandırma da esas olarak; sera içi ile dış ortam sıcaklıkları arasındaki farka, sera iç havasının bağıl nemine, hava giriş ve çıkış pencereleri arasındaki en büyük yükseklik farkına, hava giriş ve çıkış pencerelerinin toplam alanlarına ve rüzgar hızına bağlı olarak oluşan basınç farkına bağlı, aşağıdan yukarıya doğru oluşan hava akımıyla gerçekleşir (Yağcıoğlu, 2009). Samsun ilinin seracılık açısından iklimlendirme ihtiyacının karşılaştırılması Şekil 4.1’de verilmiştir. Doğal havalandırma için eşik değerler 12-22 °C olduğu için Samsun ilinde mekanik soğutma sistemlerine ihtiyaç duyulmamaktadır (Cemek, 2005).



Şekil 4.1. Samsun ilinin günlük sıcaklık ve ısıtım değerlerine göre seralarda iklimlendirme isteklerinin karşılaştırılması (Cemek, 2005).

Doğal havalandırma için gerekli olan sera iç sıcaklık değerlerinin Hellickson ve Walker (1983)'a göre hesaplanmıştır. Buna göre Samsun iline ait 1975-2009 yılları arasındaki iklimsel değerlerin ortalamaları kullanılarak, havalandırma ihtiyacı olan aylar Çizelge 4.1’de verildiği gibi belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Samsun ili için sera iç ve dış sıcaklıkları

Aylar	Sera iç sıcaklığı (°C)	Sera dış sıcaklığı (°C)	Aylar	Sera iç sıcaklığı (°C)	Sera dış sıcaklığı (°C)
Ocak	10.1	7	Temmuz	29.1	23.3
Şubat	10.6	6.6	Ağustos	29.1	23.6
Mart	12.9	8	Eylül	24.8	20
Nisan	16.8	11.2	Ekim	19.9	16
Mayıs	21.2	15.3	Kasım	14.9	11.8
Haziran	26.1	20.1	Aralık	11.5	8.9

Sera havasının, havalandırma yoluyla bir saat içindeki değişim miktarına “Hava Değişim Sayısı” (HDS) denilir. Genellikle HDS’nin 30-40 arasında olması uygun kabul edilir. Ancak, Yüksel, A.N., Zabeltitz’den yaptığı alıntıya dayanarak, HDS değerlerinin, pencereleri kapalı bir serada, 0.6-2; kötü havalandırılan serada 20-40; iyi havalandırılan serada 40-50; çok iyi havalandırılan serada ise 50’den fazla olması gerektiğini belirtmektedir (Yağcıoğlu, 2009). Buna göre çalışmamızda hava değişim sayısı saatte 60, dakikada 1 olarak alınmıştır.

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) uygulamasında kullanılan Ansys 12.1 yazılım programı için gerekli olan iklimsel koşulların karakteristikleri Çizelge 4.2’de verildiği gibidir.

Çizelge 4.2. CFD uygulamasında modeller için kullanılan iklim koşulları karakteristikleri

	MODELLER	A Modeli	B Modeli	C Modeli	D Modeli	E Modeli	F Modeli
Mayıs	Toprak Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	21	21	21	21	21	21
	Örtü Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	20	20	20	20	20	20
	Sera İçi Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2
	Sera Dışı Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3	15.3
	Rüzgar Yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü
	Rüzgar Hızı (m/s)	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2
	Havalandırma Etkisi (m)	3	3.5	4	4	4	2
Haziran	Toprak Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	27	27	27	27	27	27
	Örtü Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	25	25	25	25	25	25
	Sera İçi Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1	26.1
	Sera Dışı Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1
	Rüzgar Yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü
	Rüzgar Hızı (m/s)	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2
	Havalandırma Etkisi (m)	3	3.5	4	4	4	2
Eylül	Toprak Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	25	25	25	25	25	25
	Örtü Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	19	19	19	19	19	19
	Sera İçi Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
	Sera Dışı Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	20	20	20	20	20	20
	Rüzgar Yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü
	Rüzgar Hızı (m/s)	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2
	Havalandırma Etkisi (m)	3	3.5	4	4	4	2
Ekim	Toprak Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	21	21	21	21	21	21
	Örtü Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	20	20	20	20	20	20
	Sera İçi Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9
	Sera Dışı Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	16	16	16	16	16	16
	Rüzgar Yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü	+x yönü
	Rüzgar Hızı (m/s)	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2	0.5, 1, 2
	Havalandırma Etkisi (m)	3	3.5	4	4	4	2

Doğal havalandırmada esas olarak; sera içi ve dış ortam sıcaklıkları arasındaki farka, hava giriş ve çıkış pencereleri arasındaki en büyük yükseklik farkına, rüzgar hızına bağlı olarak oluşan basınç farkına bağlı, aşağıdan yukarıya doğru oluşan hava akımıyla gerçekleşir. Bu akımın oluşması için fan vb. ek bir zorlayıcı düzenden

yararlanılmaz. Sera iç sıcaklığı ile dış sıcaklık arasındaki fark büyüdükçe, baca etkisine bağlı doğal havalandırmayla harekete geçen havanın hızı ve miktarı artar.

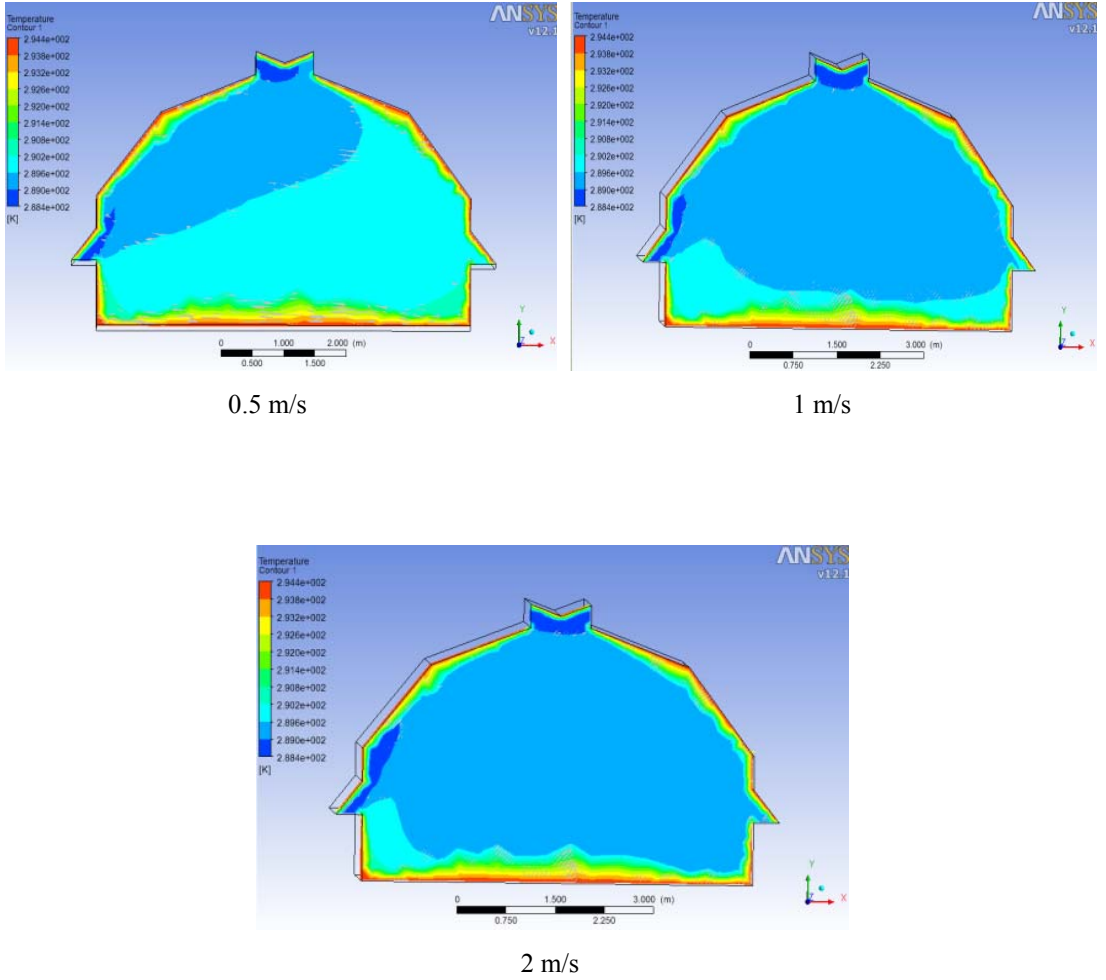
Seranın bulunduğu ortamda esen rüzgarların sera üzerinde oluşturduğu basınç ve emme etkileri, sera içindeki havanın hareket etmesine ve buna bağlı olarak da hava değişiminin meydana gelmesine neden olur (Yağcıoğlu, 2009). Doğal havalandırma sırasında, sıcaklık ve etkenleri genellikle birlikte etkili olmaktadır. Bunun için çalışmada sıcaklık ve rüzgar hızı dağılımları kontrol edilmeye çalışılmıştır. Her sera modeli için sıcaklık ve rüzgar hızı karşılaştırılması yapılmıştır.

4.1. Modeller Üzerinde Havalandırma Etkisi Açısından Sıcaklık Karşılaştırmaları

4.1.1 A Modeli

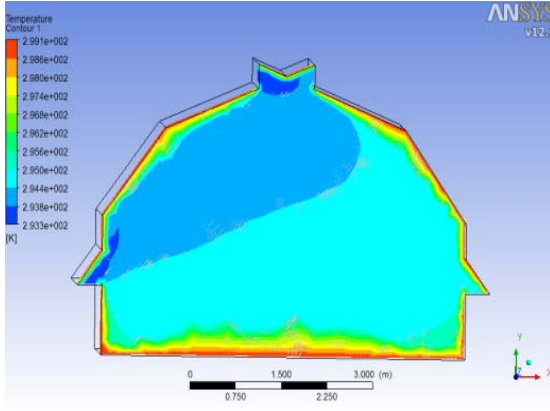
Sıcak havanın sera dışına çıkmasını sağlayan çatı pencereleri ile daha serin dış havanın sera içine girmesini sağlayan yan duvarlardaki pencereler arasındaki yükseklik farkı, sera havasının değişim hızı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu etkinin büyüklüğü, rüzgarsız ve rüzgarlı şartlarda yüksekliğin 1 m artışı, sıcaklık artışını 0.5°C azaltırken, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda, yüksekliğin 1 m arttırılması, sıcaklık artışını ancak 0.1°C azaltmaktadır (Sase ve ark., 2004).

Yapılan çalışma sonucunda Mayıs ayında elde edilen iklim değerlerine göre, Şekil 4.2’de A sera modeli için 0.5 m/s rüzgar hızıyla giren havanın sıcaklık değeri sera yan duvar havalandırma girişinde 16.8 °C iken, yan duvar çıkışında 17 °C olarak kaydedilmiş, sera ortasında ise bu değer 16.8 °C olarak bulunmuştur. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda ise sera yan duvar havalandırma girişinde sıcaklık 16.7 °C, orta kısımda 16.6 °C ve sera yan duvar çıkış kısmında 16.6 °C olmuştur. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda se bu değerlerde azalma daha belirgin bir şekilde görülmektedir. Bu değerler sırasıya sera yan duvar girişinde 13.5 °C, sera ortasında 16.4 °C iken, sera yan duvar çıkış kısmında 16.3 °C’a düşmüştür.

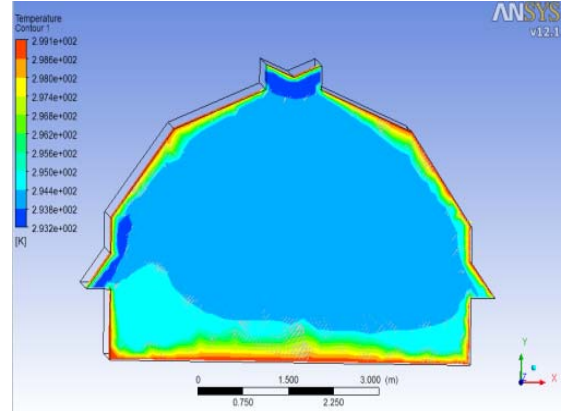


Şekil 4.2. Farklı rüzgar hızlarında Mayıs ayında, A modelinde görülen sıcaklık değişimleri

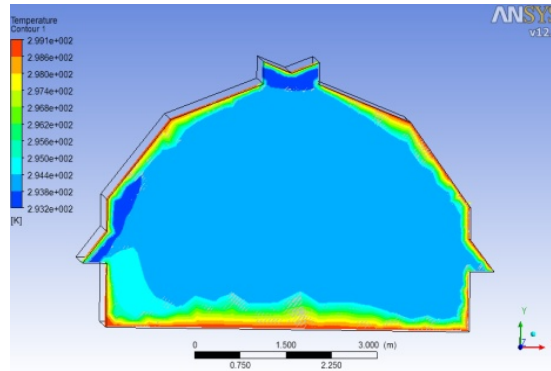
Haziran ayı iklim değerlerine göre ise A modeli şekil 4.3'deki gibi değişim göstermektedir. Rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda içerisindeki sıcaklık 26.1 °C ile 20.3 °C arasında değişim göstermiştir. Rüzgar hızı 1 m/s ve 2 m/s olduğunda bu değerler 26.1 °C ile 20.2 °C arasında değişim göstermiştir.



0.5 m/s



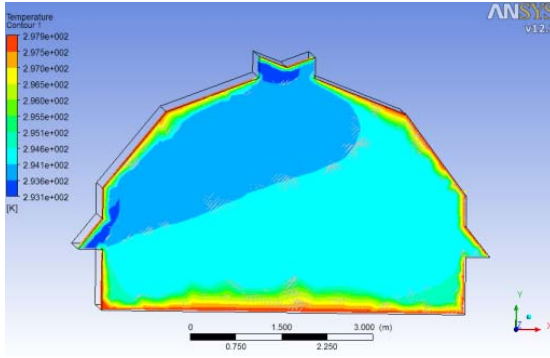
1 m/s



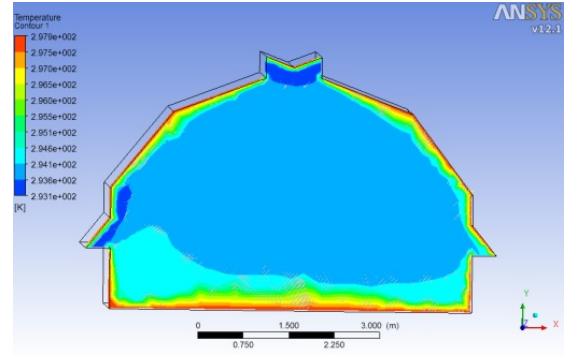
2 m/s

Şekil 4.3. Farklı rüzgar hızlarında Haziran ayında, A modelinde görülen sıcaklık değişimleri

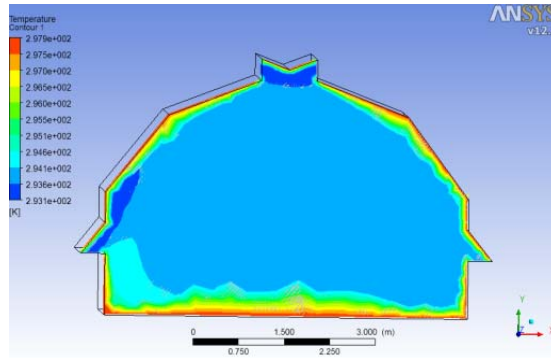
Eylül ayı iklim değerlerine göre A modelindeki sıcaklık değişimi ise şekil 4.4’de görüldüğü gibidir. Rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda sera ortasında sera tabanından 1 m yükseklikteki sıcaklık değeri 21.3 °C, 2 m deki sıcaklık değeri 21.25 °C iken çatı havalandırmasında 21.15 °C’a düşmektedir. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda sera ortasında, sera tabanından 1 m yükseklikteki sıcaklık değeri 21 °C, 2 m deki sıcaklık değeri 20.9 °C iken çatı havalandırmasında 20.8 °C’a düşmektedir. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise tüm sera içerisinde sıcaklık değeri 20.8 °C olarak seyretmiştir.



0.5 m/s



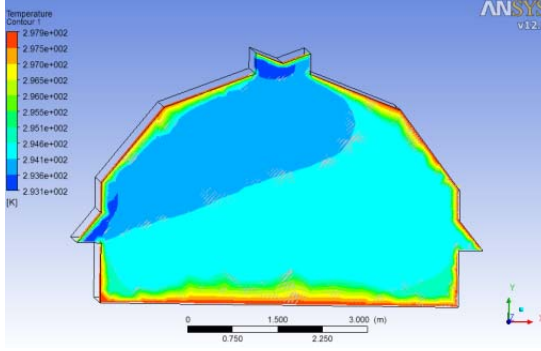
1 m/s



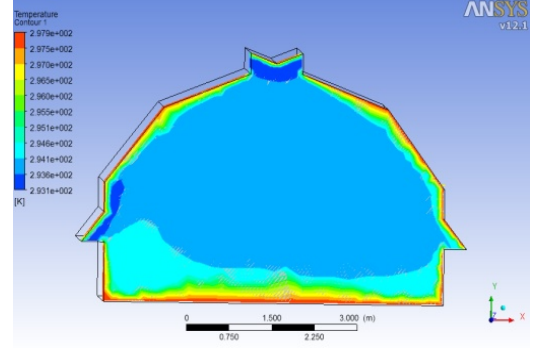
2 m/s

Şekil 4.4. Farklı rüzgar hızlarında Eylül ayında, A modelinde görülen sıcaklık değişimleri

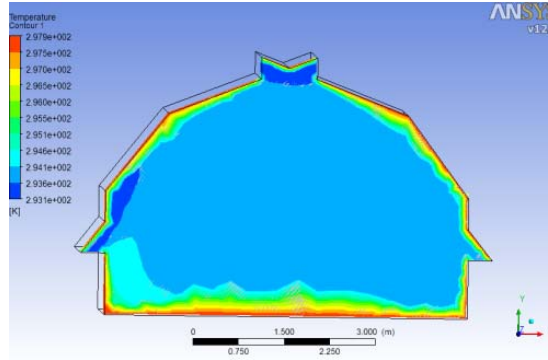
Ekim ayı iklim değerlerine göre A sera modelindeki sıcaklık değişimi ise Şekil 4.5’de görüldüğü gibidir. Rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda sera yan duvar giriş açıklığındaki sıcaklık değeri ile sera yan duvar çıkış açıklığı sıcaklık değeri arasında 0.1 °C artış gözlemlenmiştir. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda bu değer 0.15 °C azalma gösterirken 2 m/s olduğunda değer 0.05 °C azalma göstermiştir.



0.5 m/s



1 m/s

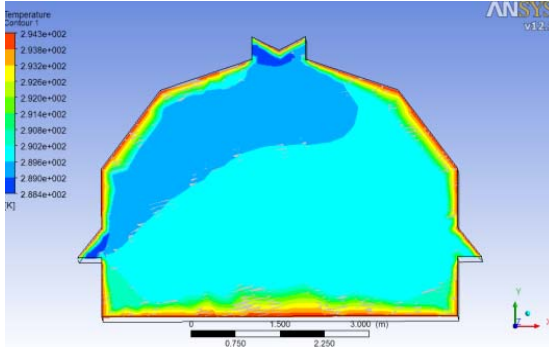


2 m/s

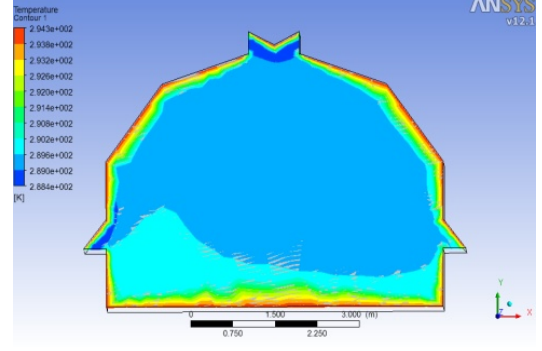
Şekil 4.5. Farklı rüzgar hızlarında Ekim ayında, A modelinde görülen sıcaklık değişimleri

4.1.2 B Modeli

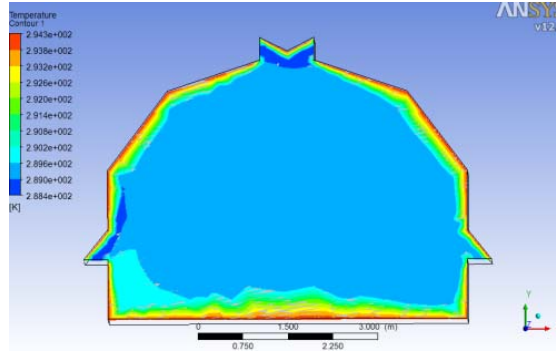
Mayıs ayı iklim değerlerine göre Şekil 4.6'da B sera modeli için 0.5 m/s rüzgar hızıyla giren sıcaklık değeri sera yan duvar havalandırma girişinde 17 °C iken yan duvar çıkışında 17 °C olarak kaydedilmiş, sera ortasında ise bu değer 16.95 °C olarak bulunmuştur. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda ise sera yan duvar havalandırma girişinde sıcaklık 16.7 °C, orta kısımda 16.6 °C, sera yan duvar çıkış kısmında 16.7 °C olmuştur. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise bu değerler sera yan duvar girişinde 16.55 °C, sera ortasında ve sera yan duvar çıkış kısmında 16.4 °C' a düşmüştür.



0.5 m/s



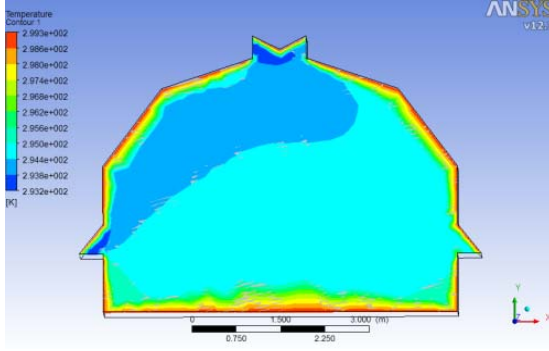
1 m/s



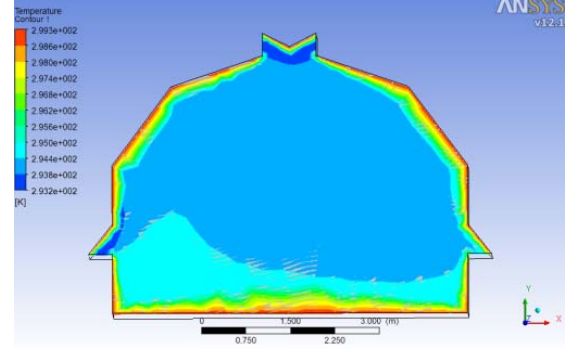
2 m/s

Şekil 4.6. Farklı rüzgar hızlarında Mayıs ayında, B modelinde görülen sıcaklık değişimleri

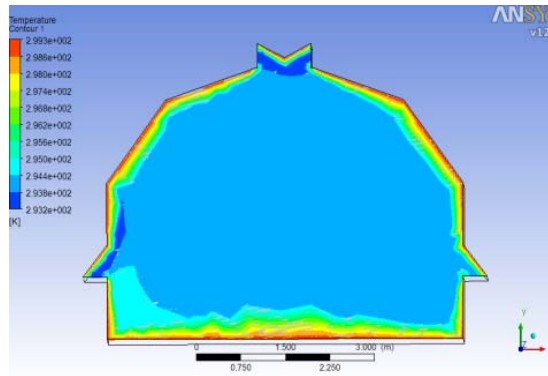
Haziran ayı iklim değerlerine göre Şekil 4.7’de B sera modeli için sıcaklık değişimleri gösterilmiştir. Rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda sera ortasında sıcaklık değeri 1 m yükseklikte 21.8 °C, 2 m yükseklikte 21.6 °C, sera çatı havalandırmasında ise 21.5 °C’ a düşmektedir. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda sera ortasında sıcaklık değeri sırasıyla 1 m yükseklikteki 21.4 °C, 2 m yükseklikteki 21.3 °C, sera çatı havalandırmasında ise 21.2 °C’ ye düşmektedir. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda sera ortasında sıcaklık değeri sırası ile 1 m yükseklikteki 19.2 °C, 2 m yükseklikteki 21.2 °C, sera çatı havalandırmasında 21.2 °C olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



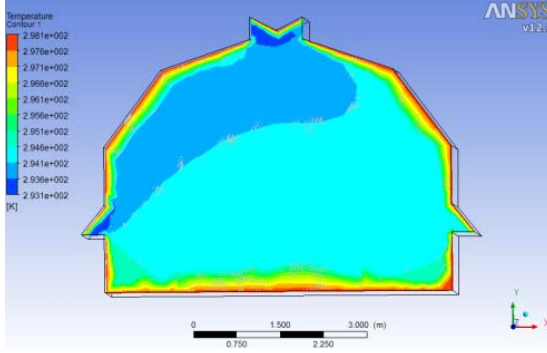
1 m/s



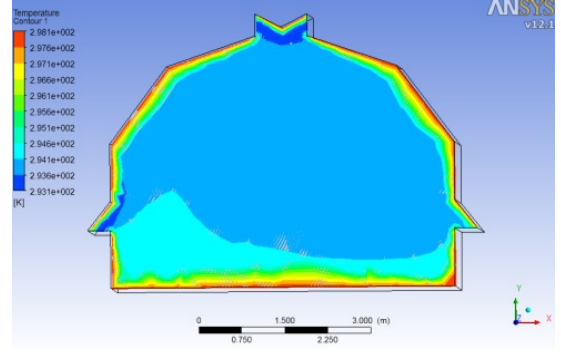
2 m/s

Şekil 4.7. Farklı rüzgar hızlarında Haziran ayında, B modelinde görülen sıcaklık değişimleri

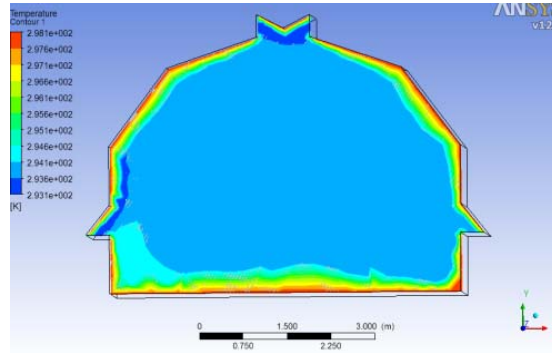
Şekil 4.8’de B modeli için Eylül ayı iklim verileri değerlendirilmesi yapılmıştır. Rüzgar hızı 0.5, 1 ve 2 m/s de aynı değişimi gösterip, sera içerisindeki sıcaklık değeri 25.1 °C ile 20.1 °C arasında değişim göstermiştir.



0.5 m/s



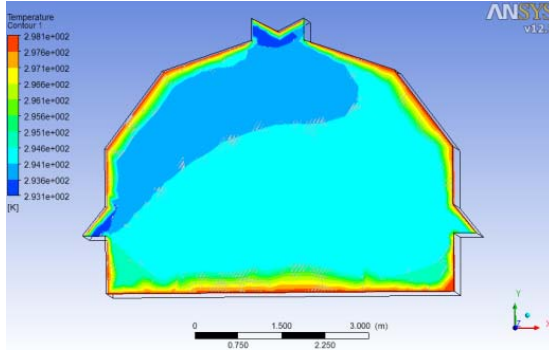
1 m/s



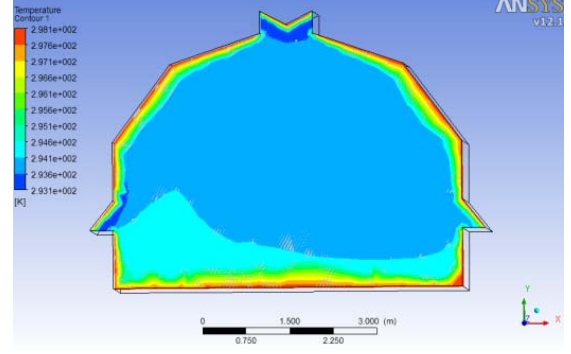
2 m/s

Şekil 4.8. Farklı rüzgar hızlarında Eylül ayında, B modelinde görülen sıcaklık değişimleri

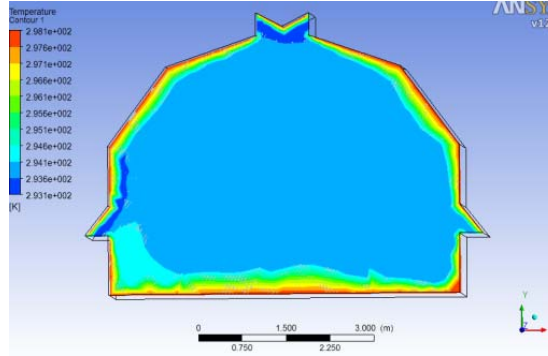
Ekim ayı iklim değerlerine göre B modelindeki sıcaklık değişimi ise Şekil 4.9'da görüldüğü gibidir. Rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda sera yan duvar giriş açıklığındaki 16.1 °C sıcaklık değeri ile yan duvar çıkış açıklığı sıcaklık değerleri aynı kalmıştır. Rüzgar hızı 1 ve 2 m/s olduğunda 0.1 °C azalma göstermiştir.



0.5 m/s



1 m/s

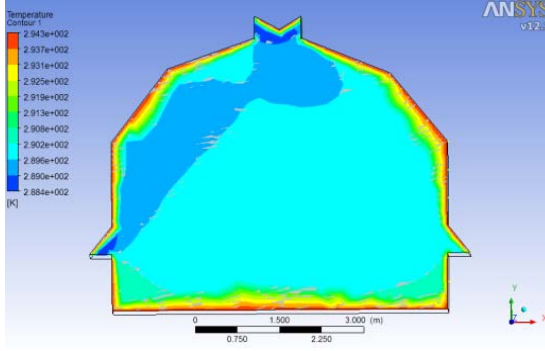


2 m/s

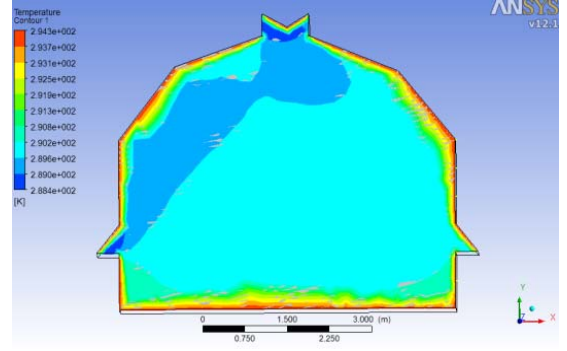
Şekil 4.9. Farklı rüzgar hızlarında Ekim ayında, B modelinde görülen sıcaklık değişimleri

4.1.3 C Modeli

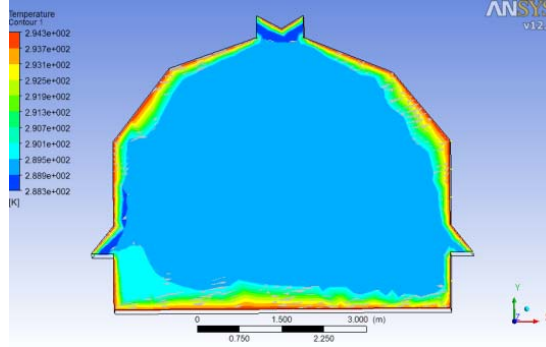
C sera modelinin etkili havalandırma yüksekliği 4 m'dir. Mayıs ayı iklim değerlerine göre C modelindeki sıcaklık değişimi şekil 4.10'da görüldüğü gibidir. Rüzgar hızı 0.5 ve 1 m/s olduğunda sera yan duvar giriş açıklığındaki sıcaklık değeri ile yan duvar çıkış açıklığı sıcaklık değeri 17 °C' dir ve değişim göstermemiştir. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda 0.05 °C azalma göstermiştir.



0.5 m/s



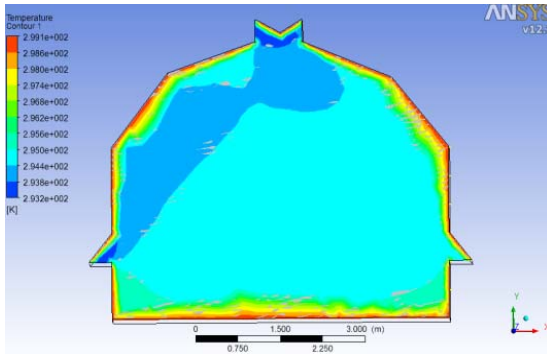
1 m/s



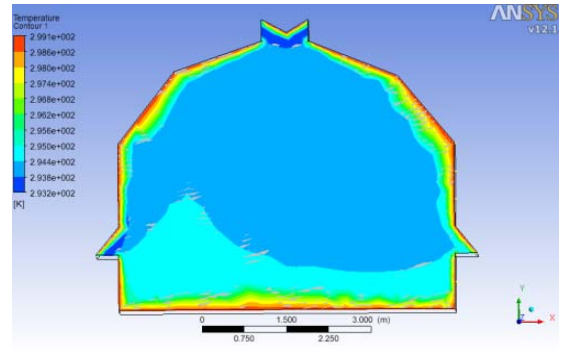
2 m/s

Şekil 4.10. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, C modelinde görülen sıcaklık değişimleri

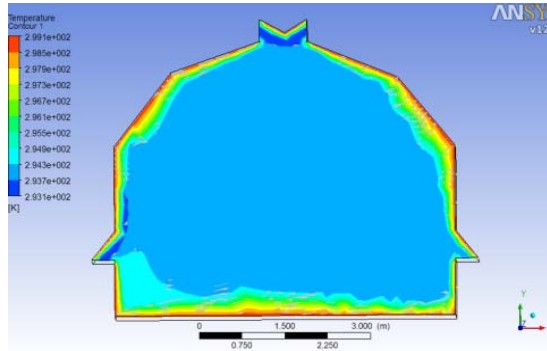
Haziran ayı iklim değerlerine göre, şekil 4.11’de C sera modeli için 0.5 m/s rüzgar hızıyla giren havanın sıcaklık değeri sera yan duvar havalandırma girişinde 21.8 °C iken, orta kısım ve yan duvar çıkışında 21.7 °C olarak kaydedilmiştir. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda ise sera yan duvar havalandırma girişinde sıcaklık değeri 21.5 °C, orta kısım ve sera yan duvar çıkış kısmında 21.4 °C olmuştur. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise bu değerler sera yan duvar giriş açıklığında 21.3 °C, orta kısımda 21.2 °C, sera yan duvar çıkış açıklığında 21 °C’ a düşmüştür.



0.5 m/s



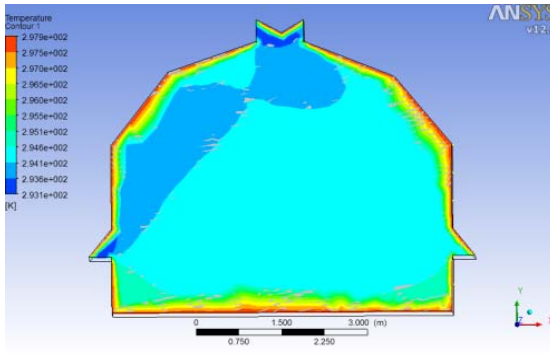
1 m/s



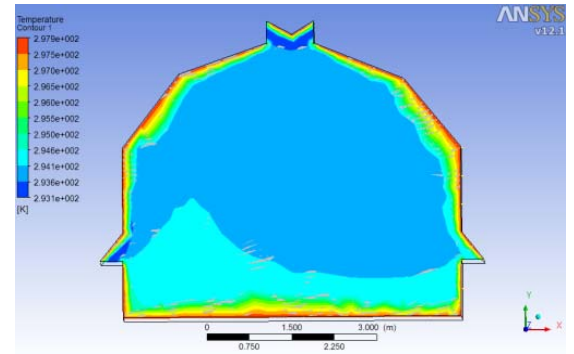
2 m/s

Şekil 4.11. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, C modelinde görülen sıcaklık değişimleri

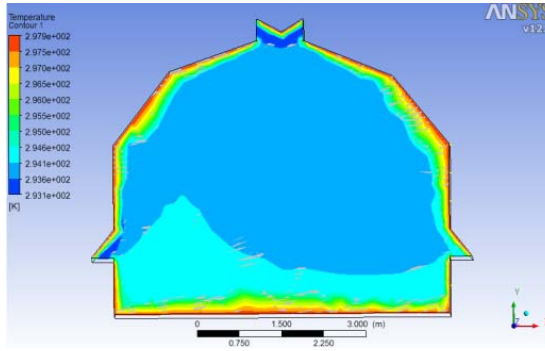
Eylül ayı iklim değerlerine göre, şekil 4.12’de C sera modeli için 0.5 m/s rüzgar hızıyla giren havanın sıcaklık değeri sera yan duvar havalandırma girişi, orta kısım ve yan duvar çıkışında 21.5 °C olarak kaydedilmiştir. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda ise sera yan duvar havalandırma girişinde sıcaklık değeri 21.2 °C, orta kısımda 21.1 °C ve sera yan duvar çıkış kısmında ise 21 °C olmuştur. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise bu değerler sera yan duvar giriş açıklığında 21.2 °C, orta kısımda 21.1 °C, sera yan duvar çıkış açıklığında 21 °C’ a düşmüştür.



0.5 m/s



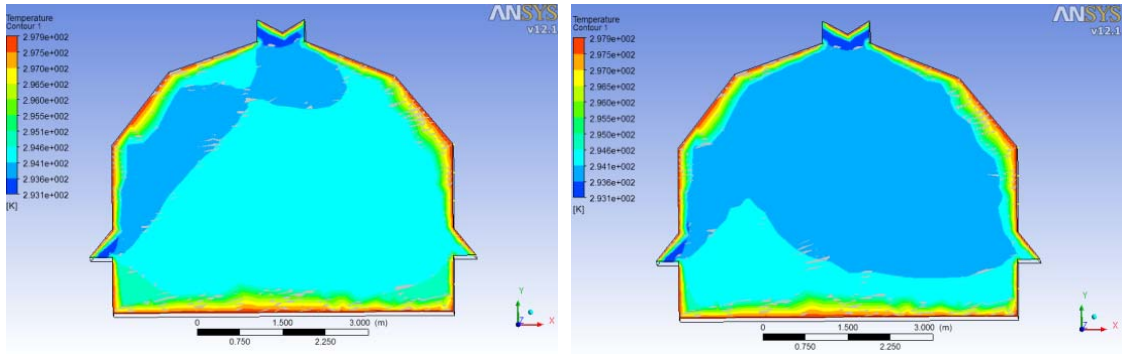
1 m/s



2 m/s

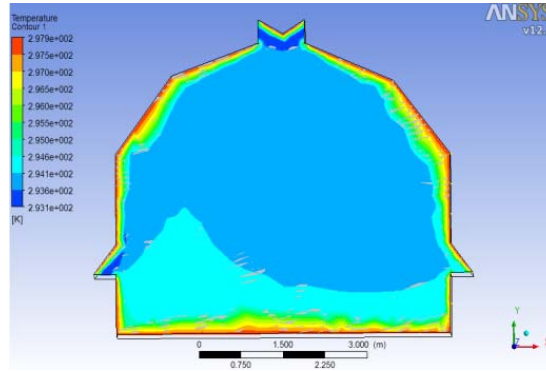
Şekil 4.12. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, C modelinde görülen sıcaklık değişimleri

Ekim ayı iklim değerlerine göre, şekil 4.13’de C sera modeli için 0.5 m/s rüzgar hızıyla giren havanın sıcaklık değeri sera yan duvar havalandırma girişinde 17.2 °C iken, orta kısım ve yan duvar çıkışında 17.15 °C olarak kaydedilmiştir. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda ise sera yan duvar havalandırma girişinde sıcaklık değeri 17 °C, orta kısım ve sera yan duvar çıkış kısmında 16.9 °C olmuştur. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise bu değerler sera yan duvar giriş açıklığında 16.8 °C, orta kısımda ve sera yan duvar çıkış açıklığında 16.6 °C’ a düşmüştür.



0.5 m/s

1 m/s

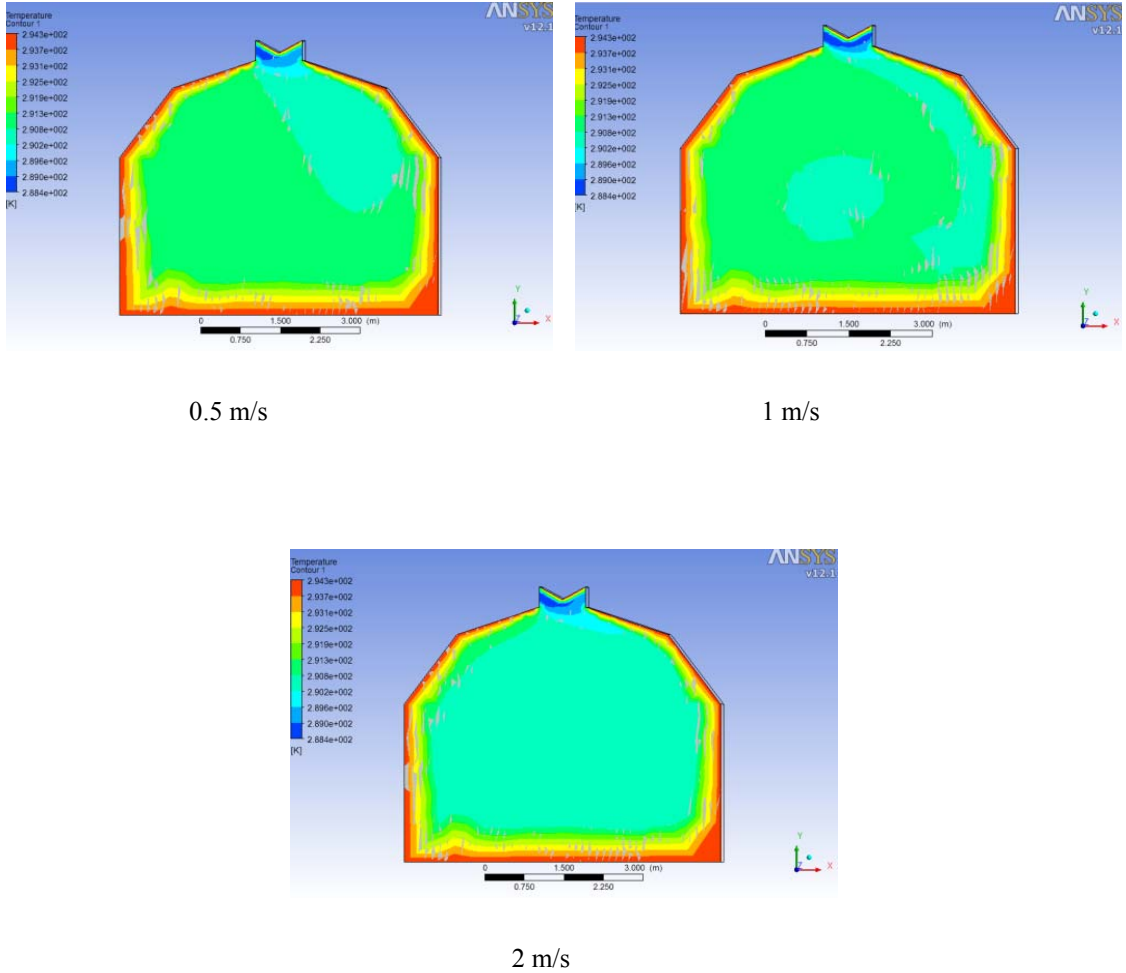


2 m/s

Şekil 4.13. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, C modelinde görülen sıcaklık değişimleri

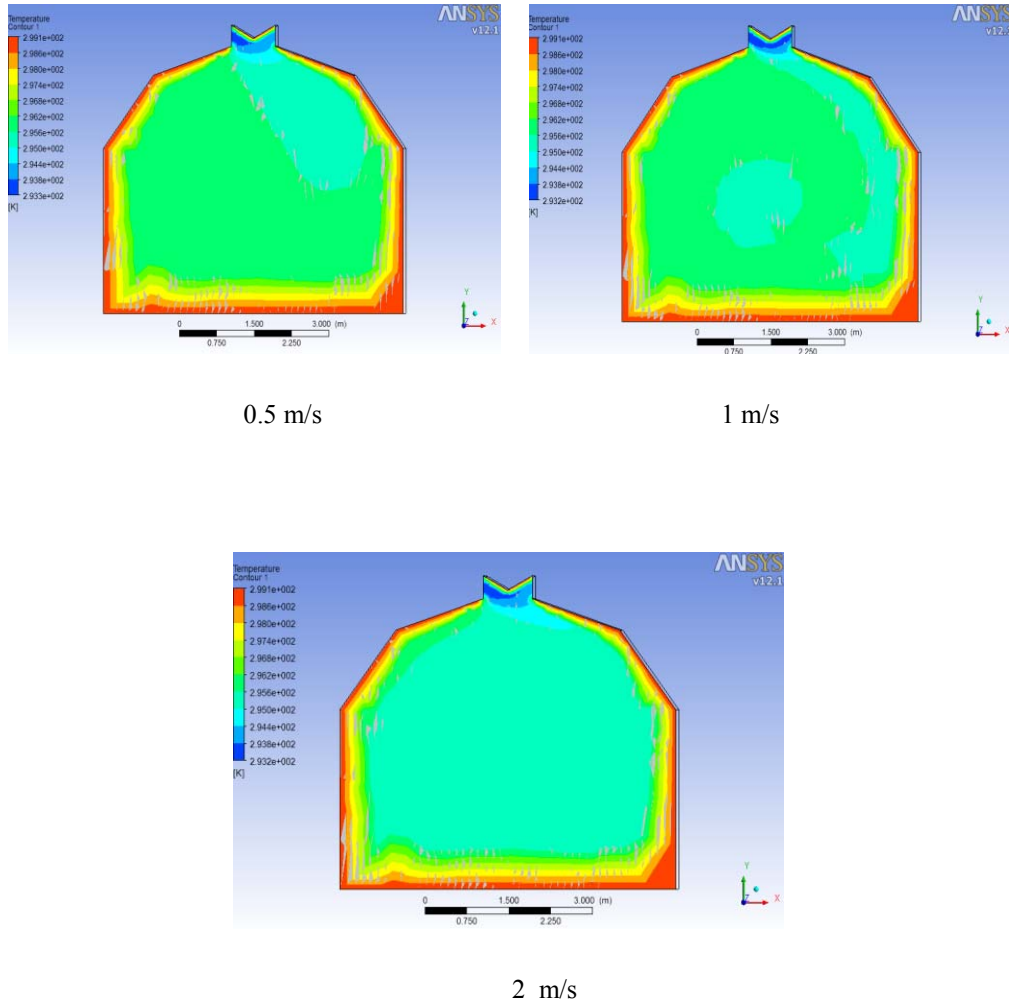
4.1.4 D Modeli

Yapılan çalışma sonucunda Mayıs ayında elde edilen iklim değerlerine göre, Şekil 4.14’de D sera modeli için 0.5 m/s rüzgar hızıyla giren havanın sıcaklık değeri sera yan duvar havalandırma girişinde 18.1 °C iken, yan duvar çıkışında 17.85 °C olarak kaydedilmiş, sera ortasında ise bu değer 17.9 °C olarak bulunmuştur. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda ise sera yan duvar havalandırma girişinde sıcaklık 17.6 °C, orta kısımda 17.4 °C ve sera yan duvar çıkış kısmında 17.5 °C olmuştur. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise bu değerler sırasıyla sera yan duvar girişinde 17.8 °C, sera ortasında 17.7 °C iken, sera yan duvar çıkış kısmında 17.7 °C’a düşmüştür.



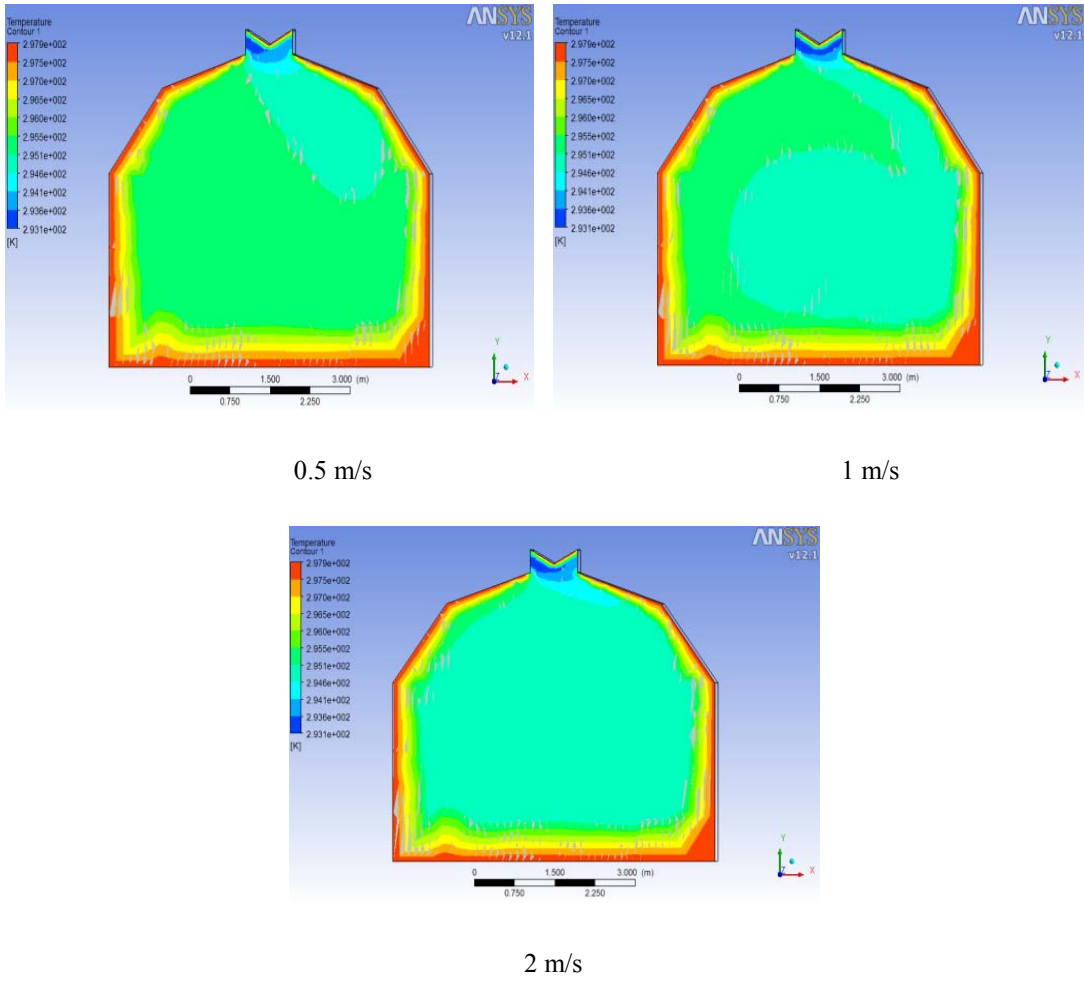
Şekil 4.14. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, D modelinde görülen sıcaklık değişimleri

Haziran ayı iklim değerlerine göre, Şekil 4.15’de D sera modeli için 0.5 m/s rüzgar hızıyla giren havanın sıcaklık değeri sera yan duvar havalandırma girişinde 23.9 °C iken, yan duvar çıkışında ve sera ortasında ise bu değer 23.7 °C olarak bulunmuştur. Rüzgar hız 1 m/s olduğunda ise sera yan duvar havalandırma girişinde sıcaklık 22.5 °C, orta kısımda ve sera yan duvar çıkış kısmında 22.2 °C olmuştur. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise bu değerler sırasıyla sera yan duvar girişinde 22.7 °C, sera ortasında ve sera yan duvar çıkış kısmında 22.6 °C’a düşmüştür.



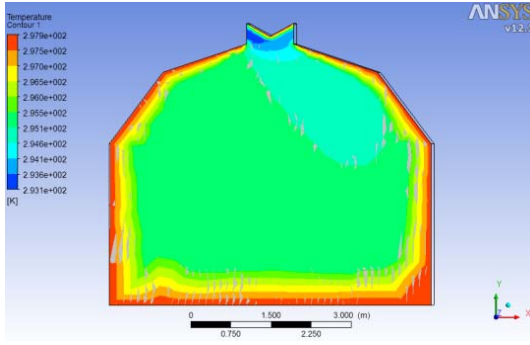
Şekil 4.15. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, D modelinde görülen sıcaklık değişimleri

Eylül ayı iklim değerlerine göre, Şekil 4.16’da D sera modeli için 0.5 m/s rüzgar hızıyla giren havanın sıcaklık değeri sera yan duvar havalandırma girişinde 22.4 °C iken, yan duvar çıkışında ve sera ortasında ise bu değer 22.3 °C olarak bulunmuştur. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda ise sera yan duvar havalandırma girişinde sıcaklık 21.9 °C, orta kısımda ve sera yan duvar çıkış kısmında 21.8 °C olmuştur. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise bu değerler sırasıyla sera yan duvar girişinde 22.1 °C, sera ortasında ve sera yan duvar çıkış kısmında 17.0 °C’ya düşmüştür.

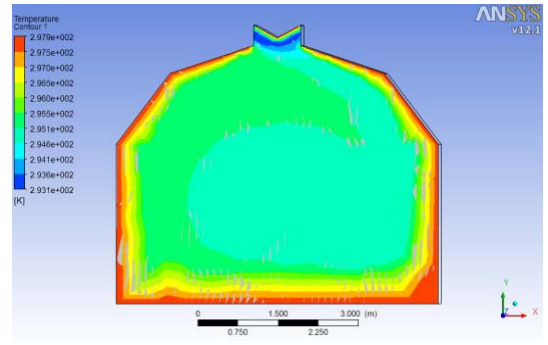


Şekil 4.16. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, D modelinde görülen sıcaklık değişimleri

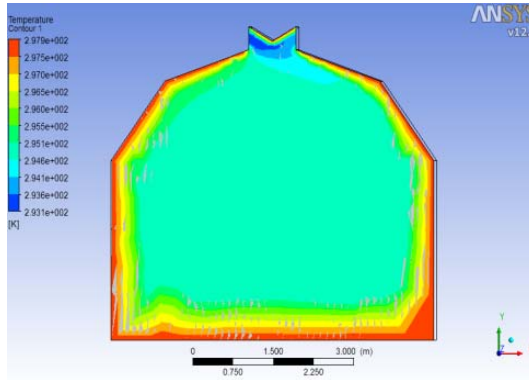
Ekim ayı iklim değerlerine göre, Şekil 4.17’de D sera modeli için 0.5 m/s rüzgar hızıyla giren havanın sıcaklık değeri sera yan duvar havalandırma girişinde 18.0 °C iken, yan duvar çıkışında ve sera ortasında ise bu değer 17.6 °C olarak bulunmuştur. Rüzgar hız 1 m/s olduğunda ise sera yan duvar havalandırma girişinde sıcaklık 17.65 °C, orta kısımda ve sera yan duvar çıkış kısmında 17.5 °C olmuştur. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise bu değerler sırasıyla sera yan duvar girişinde, sera ortasında ve sera yan duvar çıkış kısmında 17.7 °C olarak hesaplanmıştır.



0.5 m/s



1 m/s

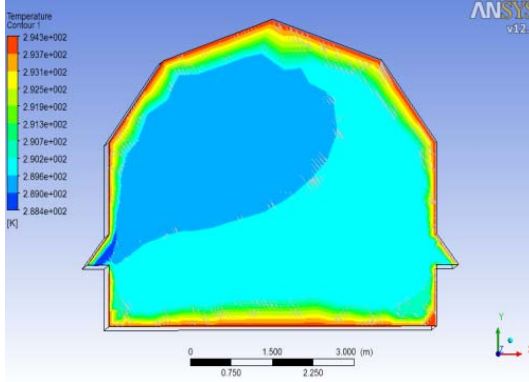


2 m/s

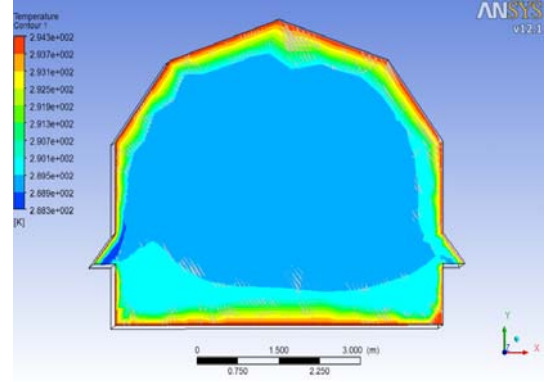
Şekil 4.17. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, D modelinde görülen sıcaklık değişimleri

4.1.5 E Modeli

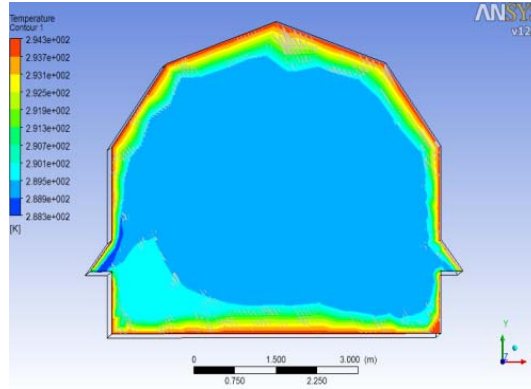
Mayıs ayı iklim değerlerine göre E sera modeli farklı rüzgar hızları karşılaştırması Şekil 4.18’ de gösterildiği gibidir. Model için 0.5 m/s rüzgar hızıyla giren havanın sıcaklık değeri sera yan duvar havalandırma girişi, orta kısım ve sera yan duvar havalandırma çıkışından 16.7 °C, 1 m/s rüzgar hızında 16.5 °C ve 2 m/s rüzgar hızında ise 16.4 °C olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



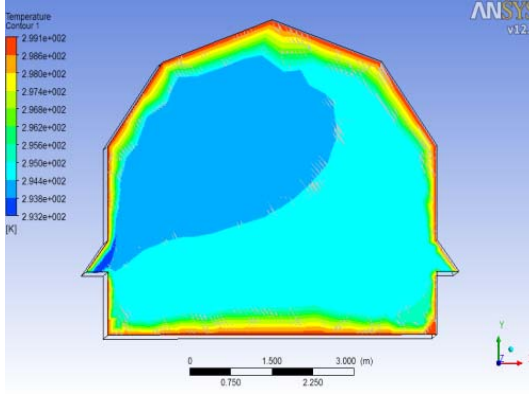
1 m/s



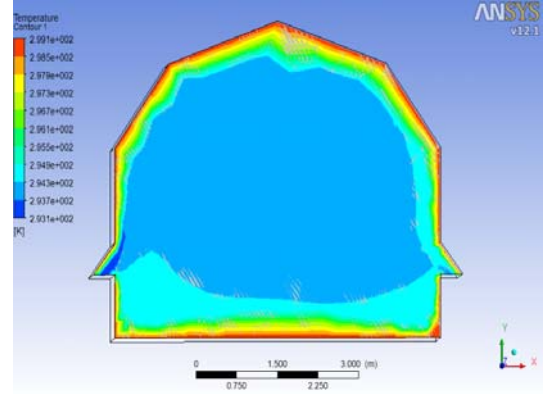
2 m/s

Şekil 4.18. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, E modelinde görülen sıcaklık değişimleri

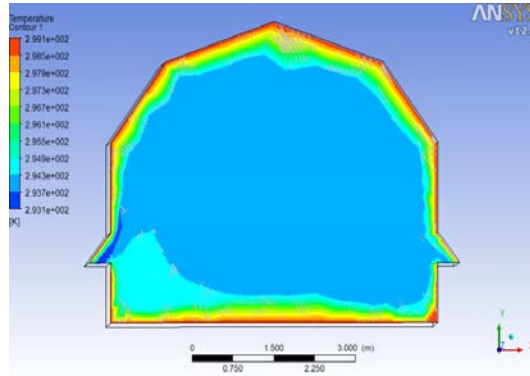
Haziran ayı iklim değerlerine göre E sera modeli farklı rüzgar hızları karşılaştırması Şekil 4.19’ da gösterildiği gibidir. Model için 0.5 m/s rüzgar hızıyla giren havanın sıcaklık değeri sera yan duvar havalandırma girişi, orta kısım ve sera yan duvar havalandırma çıkışından 21.6 °C, 1 m/s rüzgar hızında 21.3 °C ve 2 m/s rüzgar hızında ise 21.2 °C olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



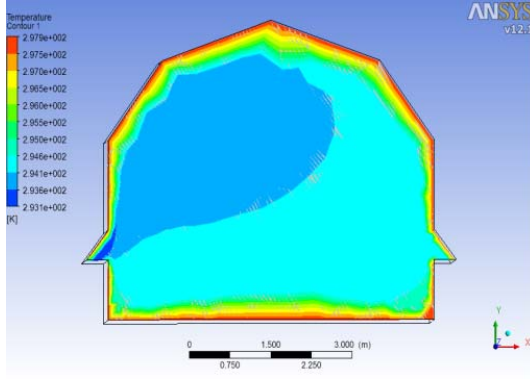
1 m/s



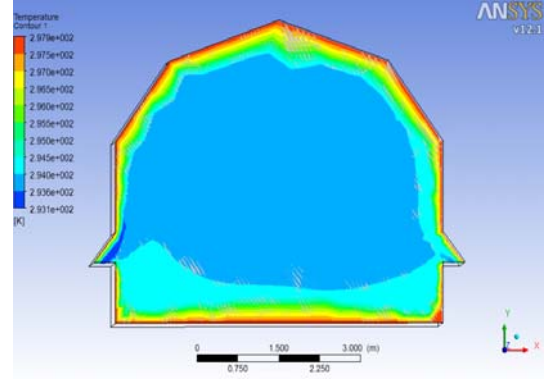
2 m/s

Şekil 4.19. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, E modelinde görülen sıcaklık değişimleri

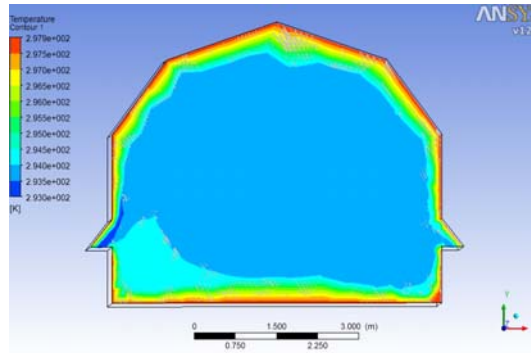
Eylül ayı iklim değerlerine göre E sera modelindeki sıcaklık değişimi ise Şekil 4.20' de gösterildiği gibidir. Rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda sera ortasında, 1 m yükseklikteki sıcaklık değeri 21.3 °C, 2m yükseklikteki ve çatı havalandırmasındaki sıcaklık değerleri 21.0 °C'a düşmektedir. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda sera ortasında, 1 m yükseklikteki sıcaklık değeri 21.0 °C, 2 m ve sera çatı havalandırmasındaki sıcaklık değeri 20.9 °C'a düşmektedir. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise sera ortasında, 1 m yükseklikteki sıcaklık değeri, orta kısım ve çatı havalandırmasındaki sıcaklık değeri 20.9 °C olarak sabitlenmiştir.



0.5 m/s



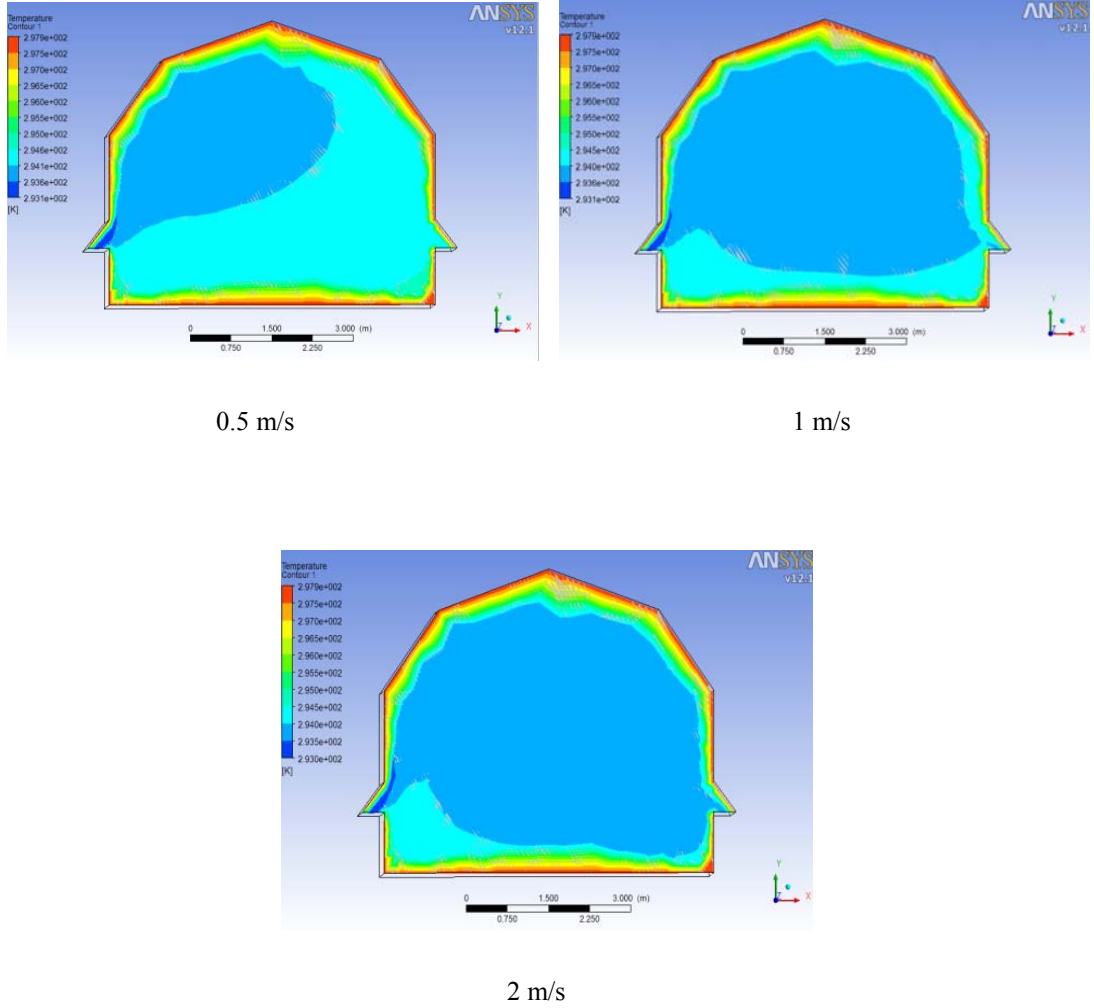
1 m/s



2 m/s

Şekil 4.20. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, E modelinde görülen sıcaklık değişimleri

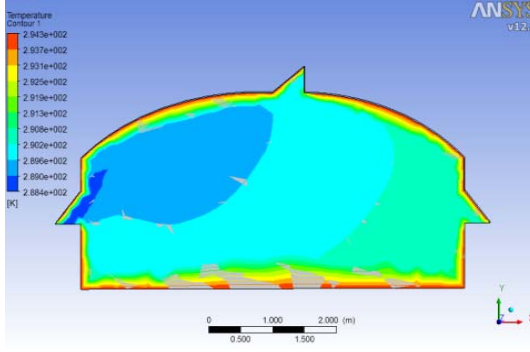
Ekim ayı iklim değerlerine göre E sera modelindeki sıcaklık değişimi ise Şekil 4.21’ de gösterildiği gibidir. Rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda sera ortasında, 1 m yükseklikteki sıcaklık değeri 17.0 °C, 2 m yükseklikteki ve çatı havalandırmasındaki sıcaklık değerleri 16.8 °C’a düşmektedir. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda sera ortasında, 1 m yükseklikteki sıcaklık değeri 16.85 °C, 2 m ve sera çatı havalandırmasındaki sıcaklık değeri 16.8 °C’a düşmektedir. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise sera ortasında, 1 m yükseklikteki sıcaklık değeri, orta kısım ve çatı havalandırmasında 16.7 °C olarak sabitlenmiştir.



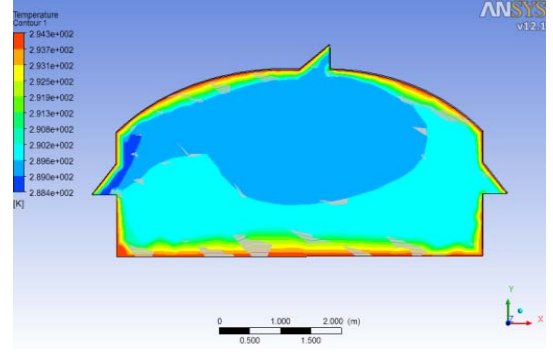
Şekil 4.21. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, E modelinde görülen sıcaklık değişimleri

4.1.6 F Modeli

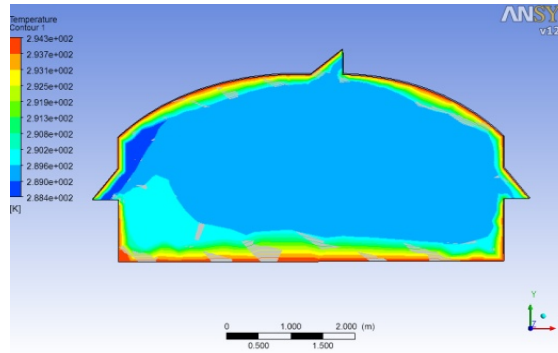
Mayıs ayı iklim değerlerine göre E sera modelindeki sıcaklık değişimi ise Şekil 4.22' de gösterildiği gibidir. Rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda sera ortasında, 1 m yükseklikteki sıcaklık değeri 16.9 °C, 2 m yükseklikteki 16.8 °C ve çatı havalandırmasındaki sıcaklık değerleri 16.6 °C'a düşmektedir. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda sera ortasında, 1 m yükseklikteki sıcaklık değeri 16.6 °C, 2 m yükseklikteki 16.5 oC ve sera çatı havalandırmasındaki sıcaklık değeri 16.3 °C'a düşmektedir. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise sera ortasında, 1 m yükseklikteki sıcaklık değeri ve orta kısım 16.4 oC , çatı havalandırmasında ise 16.3 °C olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



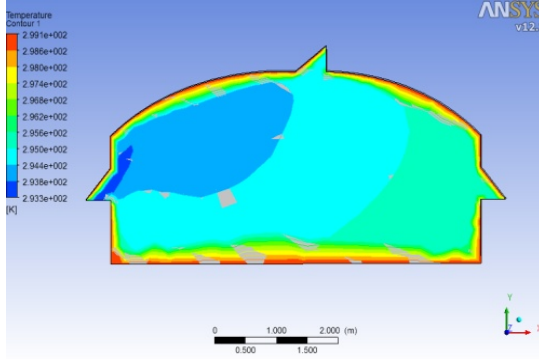
1 m/s



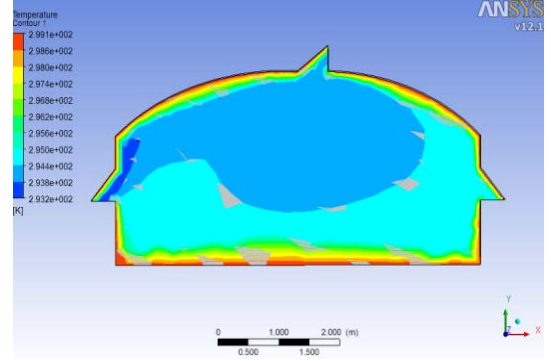
2 m/s

Şekil 4.22. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, F modelinde görülen sıcaklık değişimleri

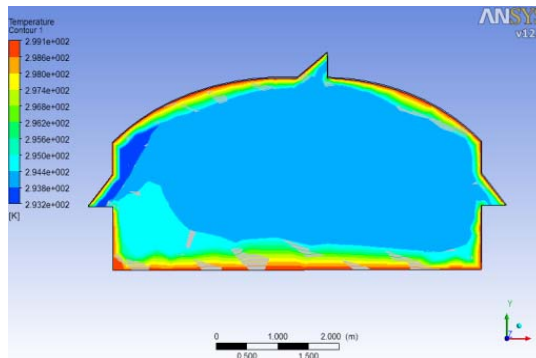
Haziran ayı iklim değerlerine göre E sera modelindeki sıcaklık değişimi ise Şekil 4.23' de gösterildiği gibidir. Rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda sera ortasında, 1 m yükseklikteki sıcaklık değeri 21.7 °C, 2 m yükseklikteki 21.6 °C ve çatı havalandırmasındaki sıcaklık değerleri 21.5 °C'a düşmektedir. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda sera ortasında, 1 m yükseklikteki sıcaklık değeri 21.4 °C, 2 m yükseklikteki 21.2 °C ve sera çatı havalandırmasındaki sıcaklık değeri 21.1 °C'a düşmektedir. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise sera ortasında, 1 m yükseklikteki sıcaklık değeri ve orta kısım 21.2 °C, çatı havalandırmasında ise 21.0 °C olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



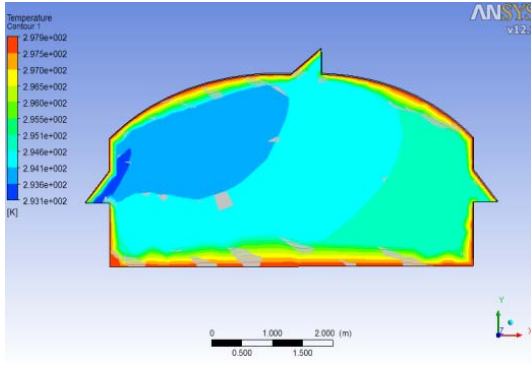
1 m/s



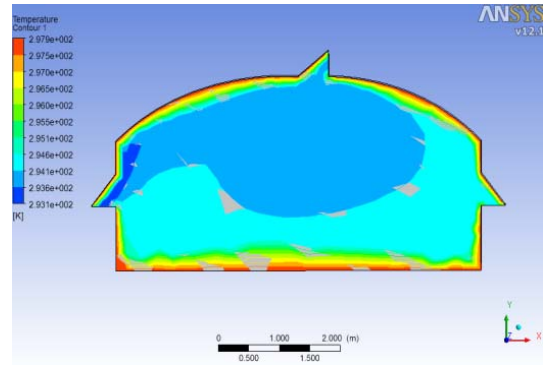
2 m/s

Şekil 4.23. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, F modelinde görülen sıcaklık değişimleri

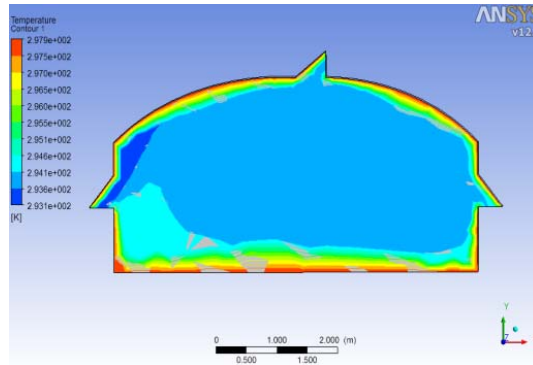
Eylül ayı iklim değerlerine göre, Şekil 4.24'te F sera modeli için 0.5 m/s rüzgar hızıyla giren havanın sıcaklık değeri sera yan duvar havalandırma girişinde 21.2 °C iken, yan duvar çıkışında 21.7 °C ve sera ortasında ise bu değer 21.3 °C olarak bulunmuştur. Rüzgar hız 1 m/s olduğunda ise sera yan duvar havalandırma girişinde sıcaklık 21.2 °C, orta kısımda 21.0 °C ve sera yan duvar çıkış kısmında 21.2 °C olmuştur. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise bu değerler sırasıyla sera yan duvar girişinde 21.0 °C, sera ortasında 20.9 °C ve sera yan duvar çıkış kısmında 20.8 °C'a düşmüştür.



0.5 m/s



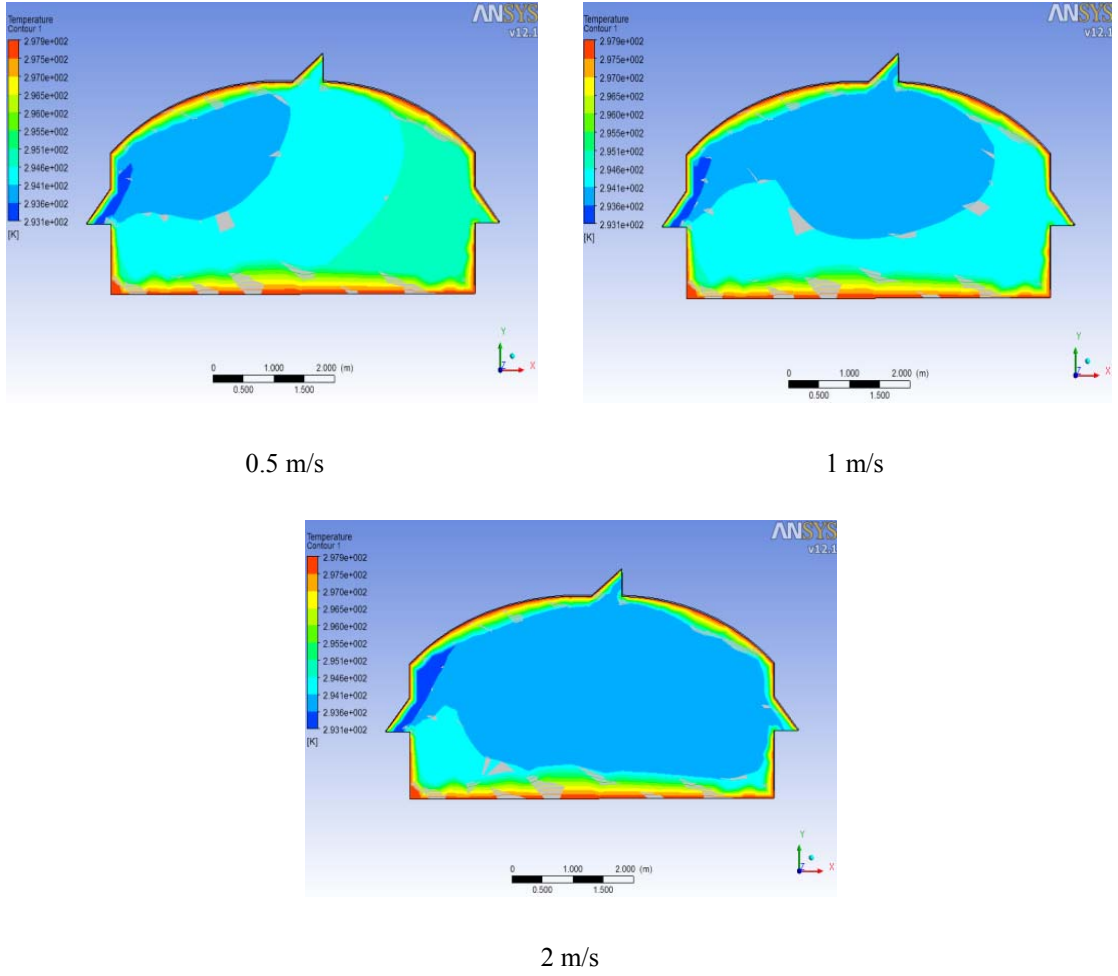
1 m/s



2 m/s

Şekil 4.24. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, F modelinde görülen sıcaklık değişimleri

Ekim ayı iklim değerlerine göre, Şekil 4.25'te F sera modeli için 0.5 m/s rüzgar hızıyla giren havanın sıcaklık değeri sera yan duvar havalandırma girişinde 16.9 °C iken, yan duvar havalandırma çıkışında 17.4 °C ve sera ortasında ise bu değer 17.1 °C olarak bulunmuştur. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda ise sera yan duvar havalandırma girişinde sıcaklık 16.9 °C, orta kısımda 16.8 °C ve sera yan duvar havalandırma çıkış kısmında 17.0 °C olmuştur. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise bu değerler sırasıyla sera yan duvar girişinde 16.85 °C, sera ortasında 16.65 °C ve sera yan duvar havalandırma çıkış kısmında 16.7 °C olarak kaydedilmiştir.



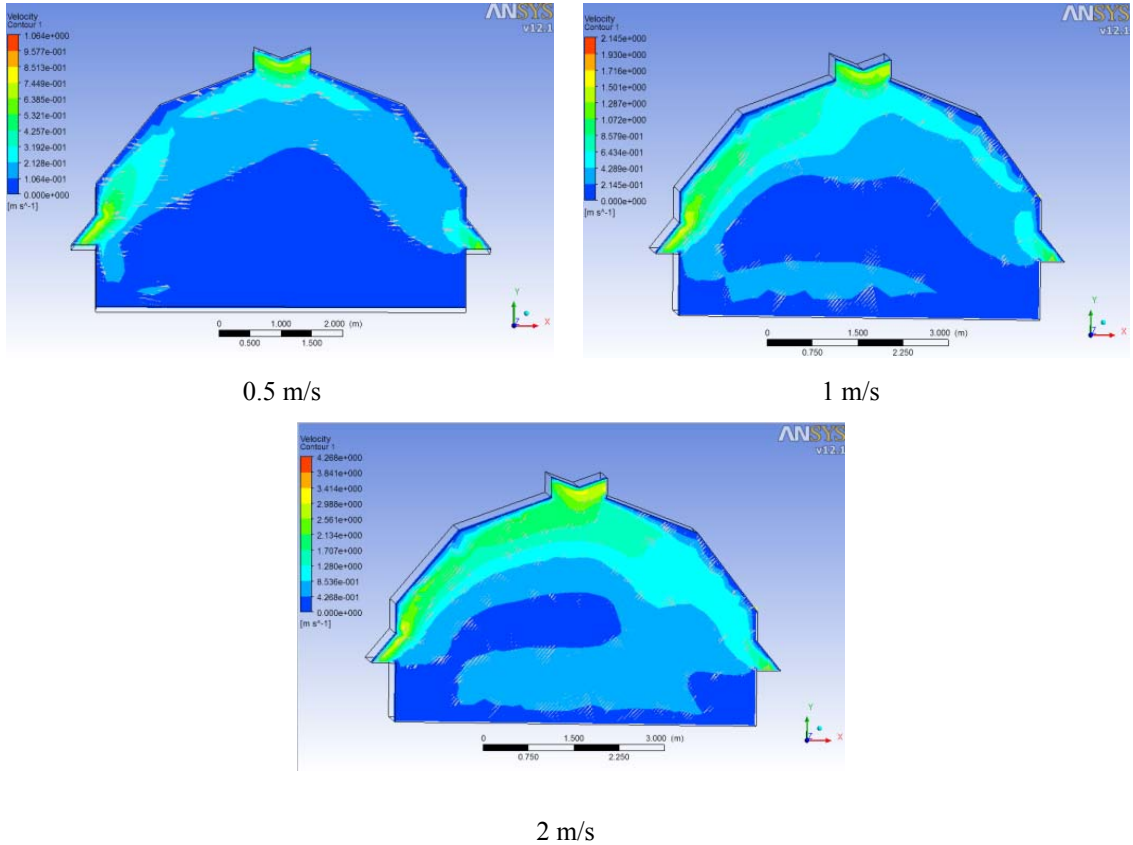
Şekil 4.25. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, F modelinde görülen sıcaklık dağılımları

4.2. Modeller Üzerinde Havalandırma Etkisi Açısından Hız Karşılaştırmaları

Doğal havalandırmaya etki eden çevresel etmenlerden en önemlisi rüzgar hızıdır. Rüzgar hızının farkının havalandırma açıklıklarında meydana getirdiği basınç farkı doğal havalandırmada oldukça etkilidir. Bunun için çalışmada rüzgar hızı değerleri de göz önüne alınmıştır.

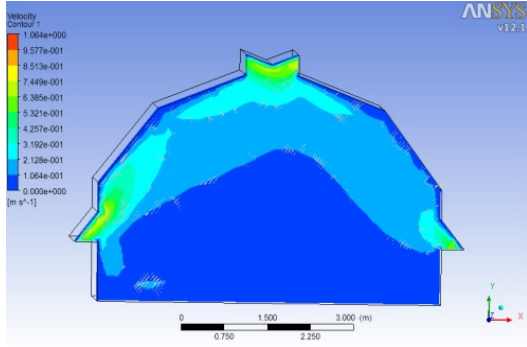
4.2.1. A Modeli

Mayıs ayında, A sera modelinde Şekil 4.26’ da görüldüğü gibi içerisindeki rüzgar dağılımı, hız arttıkça daha karmaşık bir yol izlemeye başlamıştır. Rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda sera yan duvar havalandırma girişinden, seranın orta kısmına doğru 0.005 m/s artış gösterirken, sera orta kısmından sera yan duvar havalandırma çıkışına doğru da 0.03 m/s artış göstermiştir. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda ise sera yan duvar havalandırma çıkışında değişmemektedir. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda sera yan duvar havalandırma girişinden seranın orta kısmına doğru hız 0.15 m/s artış göstermiş, sera havalandırma çıkışında da yine değişmemiştir.

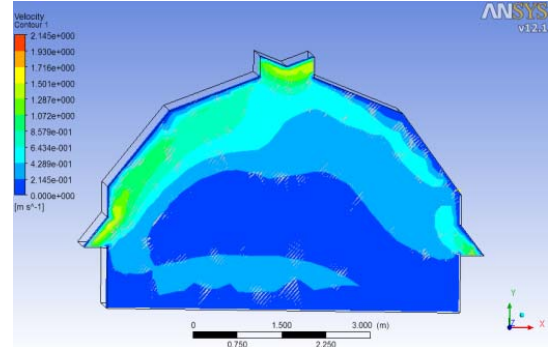


Şekil 4.26. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, A modelinde görülen sera içi hız değişimleri

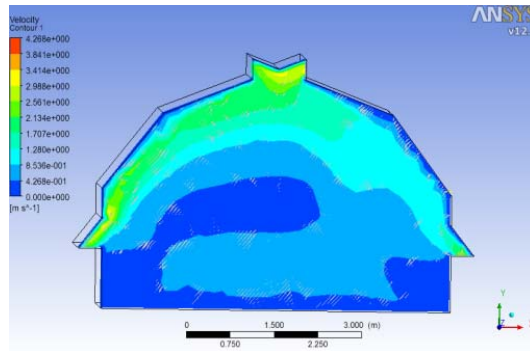
Haziran ayında, A sera modelinde Şekil 4.27’ de görüldüğü gibi içerisindeki rüzgar dağılımı, hız arttıkça daha karmaşık bir yol izlemeye başlamıştır. Rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda sera yan duvar havalandırma girişinden, seranın orta kısmına doğru 0.01 m/s artış gösterirken, sera orta kısmından sera yan duvar havalandırma çıkışına doğru da 0.03 m/s artış göstermiştir. Rüzgar hızı 1 m/s olduğunda ise sera yan duvar havalandırma girişinden, seranın orta kısmına doğru 0.04 m/s azalış gösterirken, sera orta kısmından sera yan duvar havalandırma çıkışına doğru da 0.01 m/s artış göstermiştir. Rüzgar hızı 2 m/s olduğunda sera yan duvar havalandırma girişinden seranın orta kısmına doğru hız 0.15 m/s artış göstermiş, sera havalandırma çıkışında ise 0.11 azalma göstermiştir.



0.5 m/s



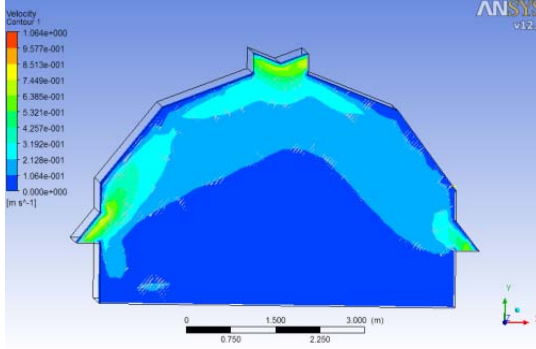
1 m/s



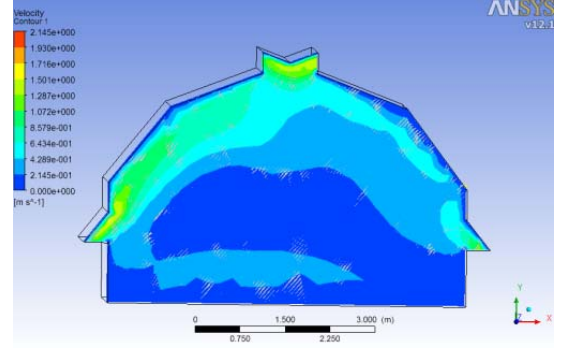
2 m/s

Şekil 4.27. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, A modelinde görülen sera içi hız dağılımları

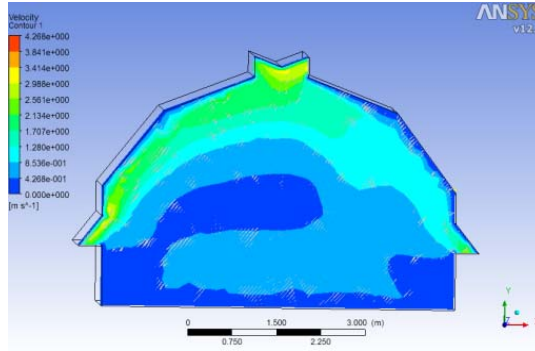
Eylül ayında, A sera modelinde 4.28’de görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 1, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.74, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.42 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



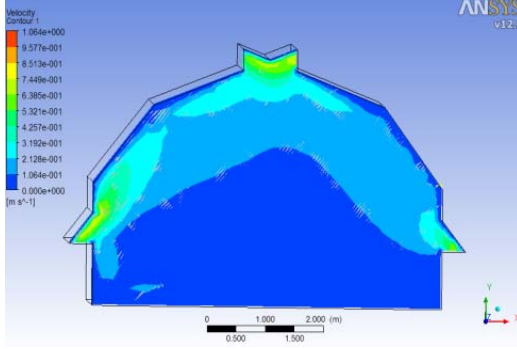
1 m/s



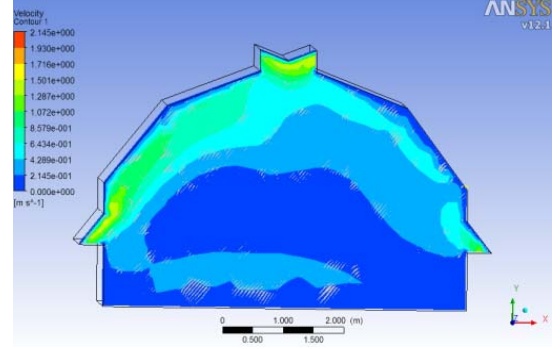
2 m/s

Şekil 4.28. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, A modelinde görülen sera içi hız değişimleri

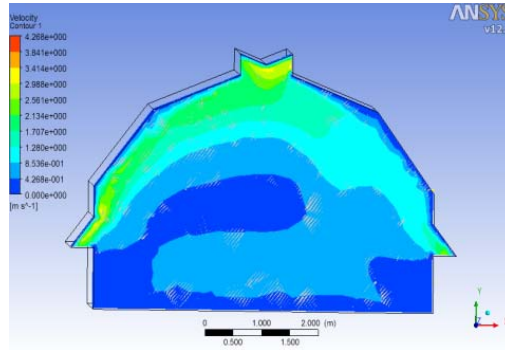
Ekim ayında, A sera modelinde 4.29’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 1.2, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.83, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.5 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



1 m/s

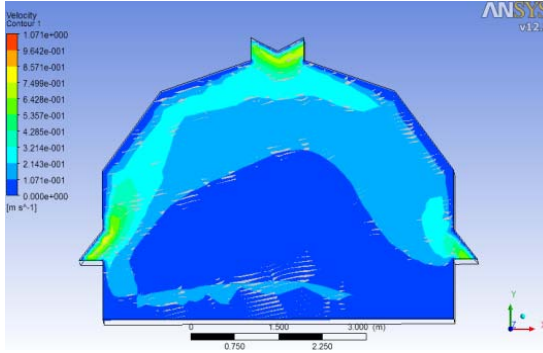


2 m/s

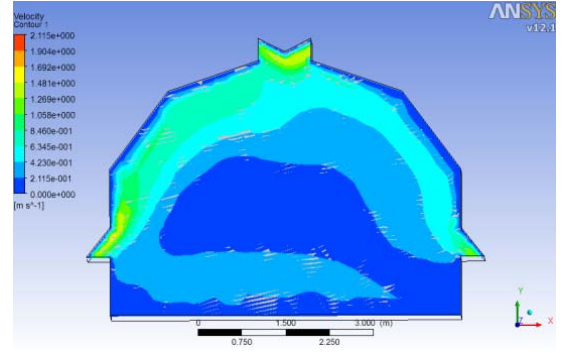
Şekil 4.29. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, A modelinde görülen sera içi hız değişimleri

4.2.2. B Modeli

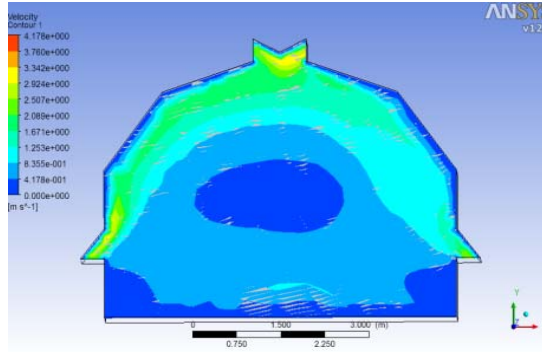
Mayıs ayında, B sera modelinde 4.30'da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 0.4, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.54, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.23 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



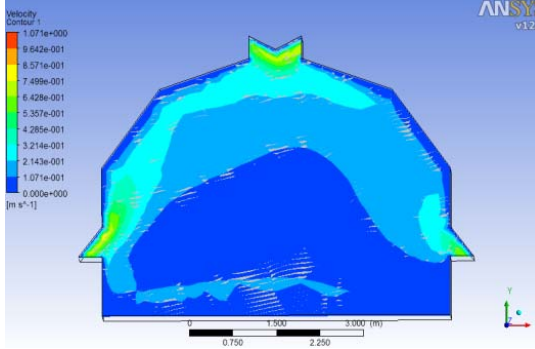
1 m/s



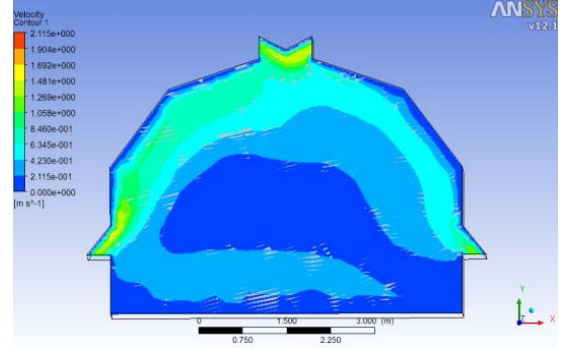
2 m/s

Şekil 4.30. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, B modelinde görülen sera içi hız değişimleri

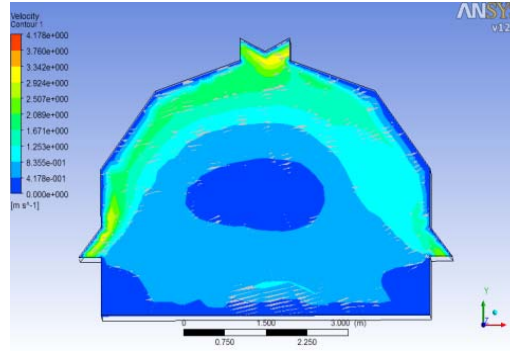
Haziran ayında, B sera modelinde 4.31’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 0.4, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.27, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.2 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



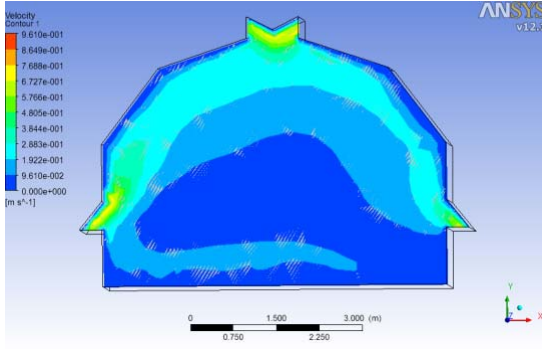
1 m/s



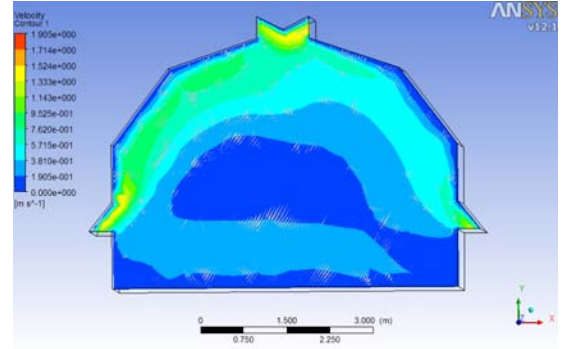
2 m/s

Şekil 4.31. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, B modelinde görülen sera içi hız değişimleri

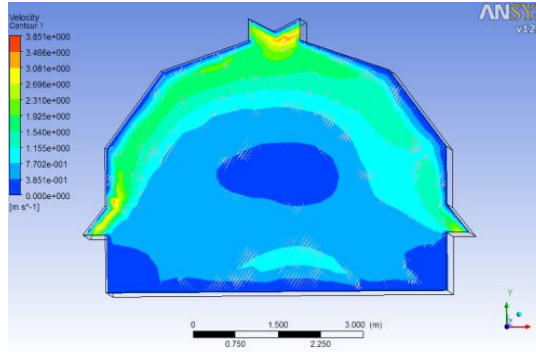
Eylül ayında, B sera modelinde 4.32’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 0.33, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.4, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.22 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



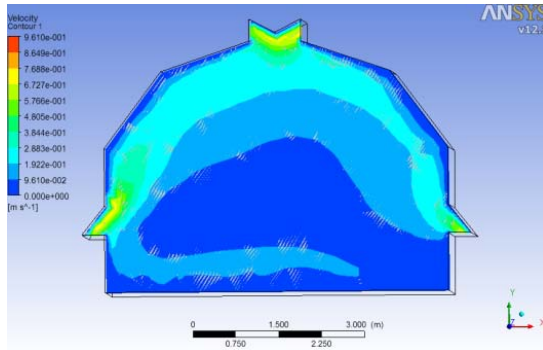
1 m/s



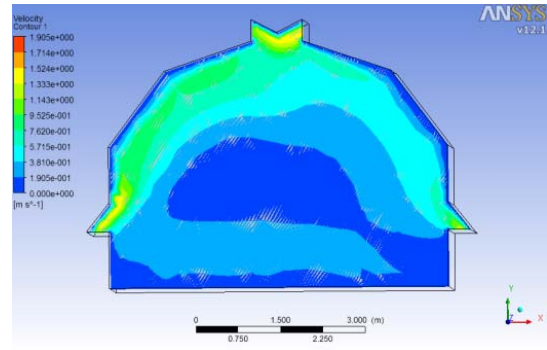
2 m/s

Şekil 4.32. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, B modelinde görülen sera içi hız değişimleri

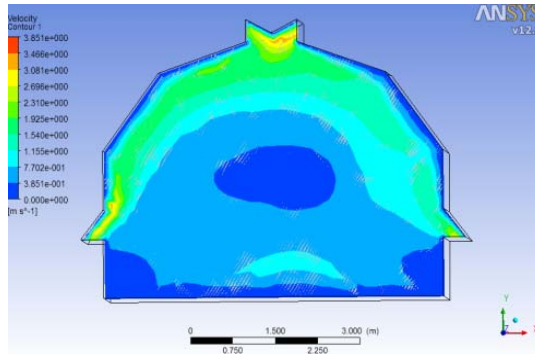
Ekim ayında, B sera modelinde 4.33'da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 0.47, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.21, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.23 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



1 m/s

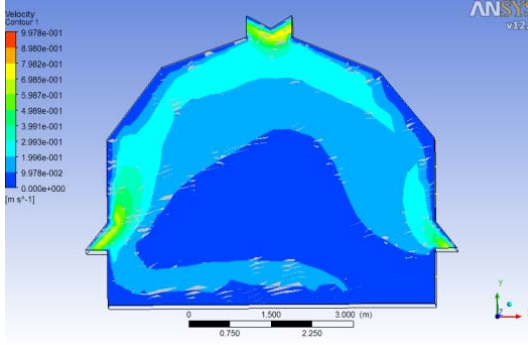


2 m/s

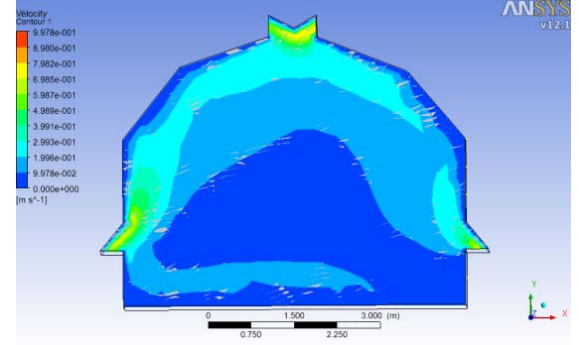
Şekil 4.33. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, B modelinde görülen sera içi hız değişimleri

4.2.3. C Modeli

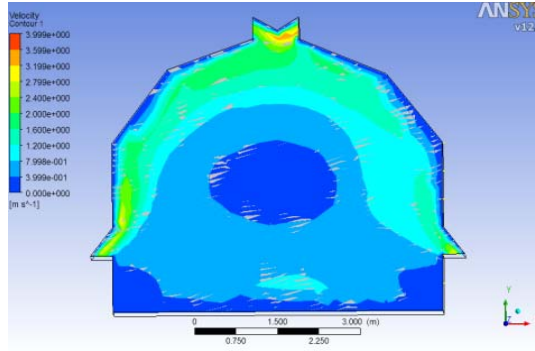
Mayıs ayında, C sera modelinde 4.34’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 0.5, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.25, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.25 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



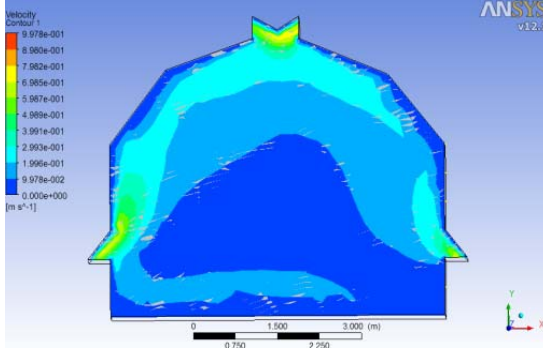
1 m/s



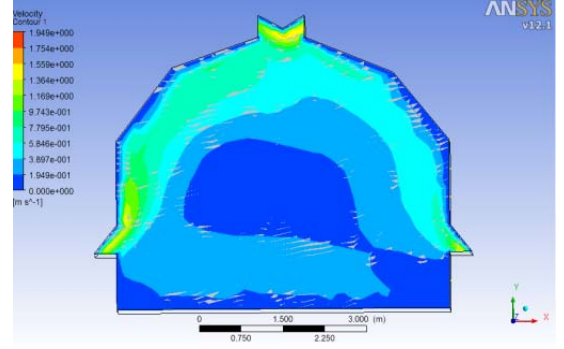
2 m/s

Şekil 4.34. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, C modelinde görülen sera içi hız değişimleri

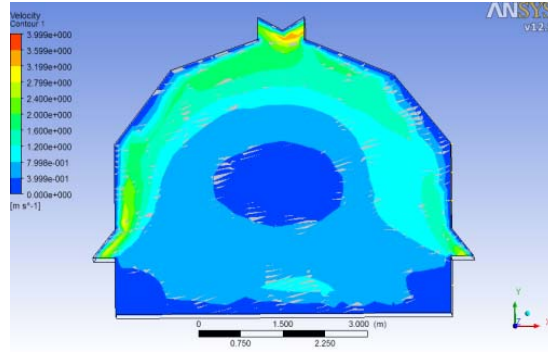
Haziran ayında, C sera modelinde 4.35’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 0.25, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.33, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.21 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



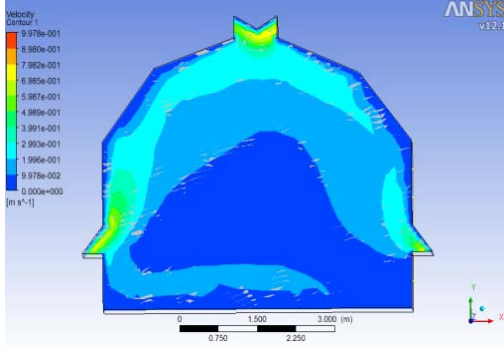
1 m/s



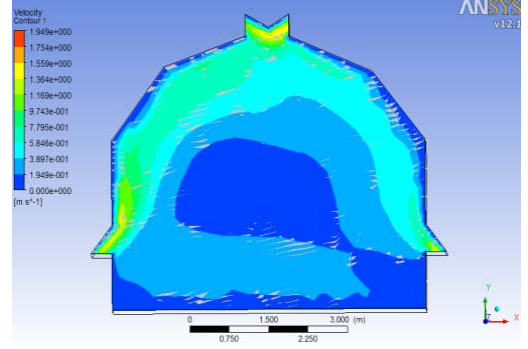
2 m/s

Şekil 4.35. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, C modelinde görülen sera içi hız değişimleri

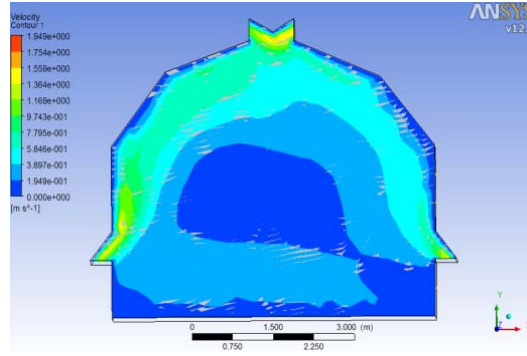
Eylül ayında, C sera modelinde 4.36’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 0.375, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.235, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.22 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



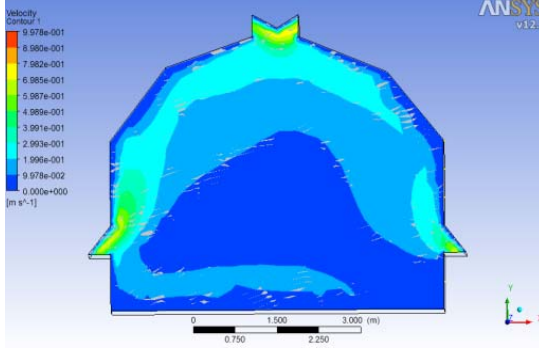
1 m/s



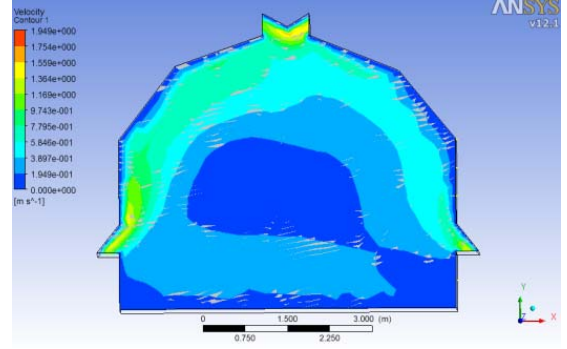
2 m/s

Şekil 4.36. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, C modelinde görülen sera içi hız değişimleri

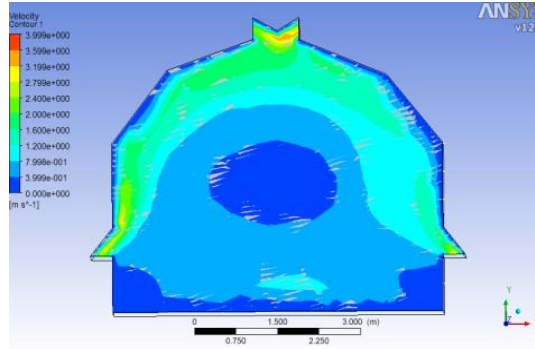
Ekim ayında, C sera modelinde 4.37’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 0.25, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.3, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.22 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



1 m/s

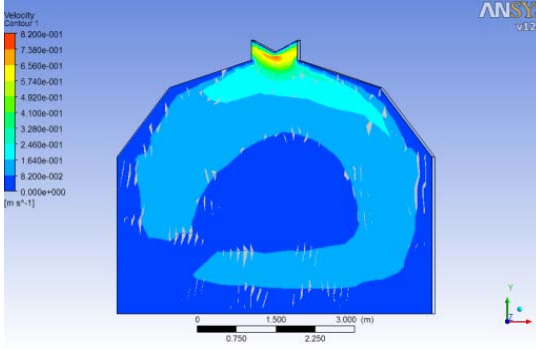


2 m/s

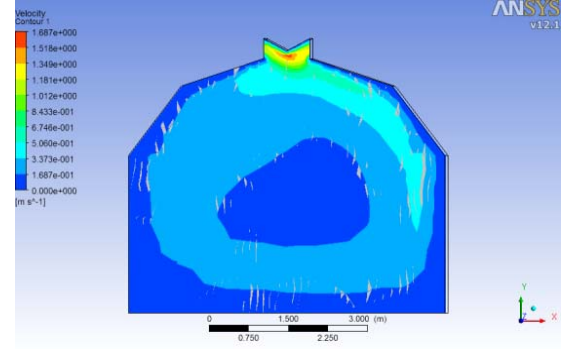
Şekil 4.37. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, C modelinde görülen sera içi hız değişimleri

4.2.4. D Modeli

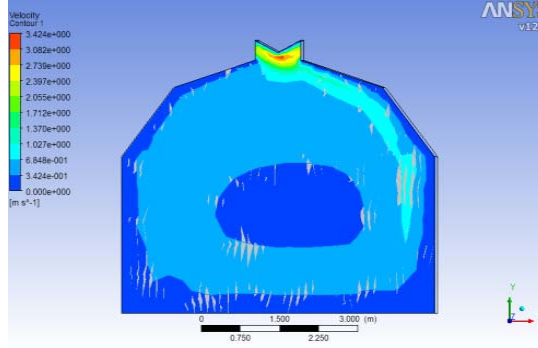
Mayıs ayında, D sera modelinde 4.38’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 0.37, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.27, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.17 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



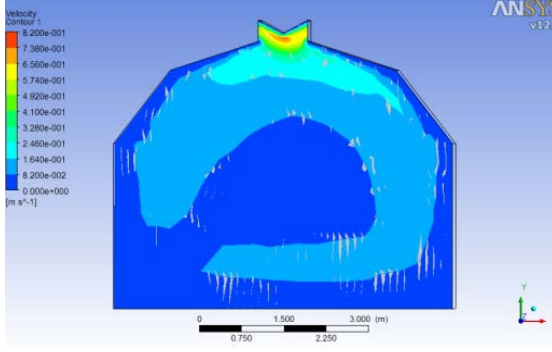
1 m/s



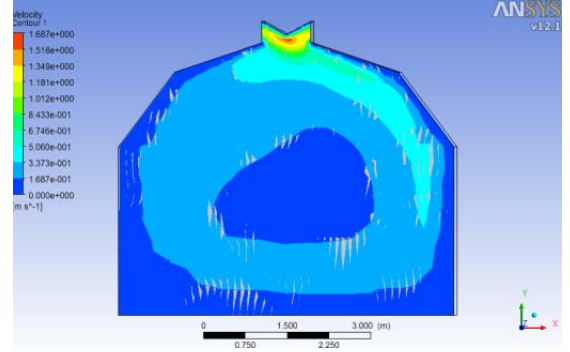
2 m/s

Şekil 4.38. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, D modelinde görülen sera içi hız değişimleri

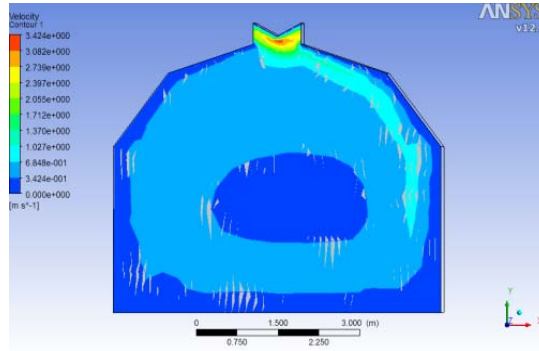
Haziran ayında, D sera modelinde 4.39’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 0.37, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.32, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.17 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



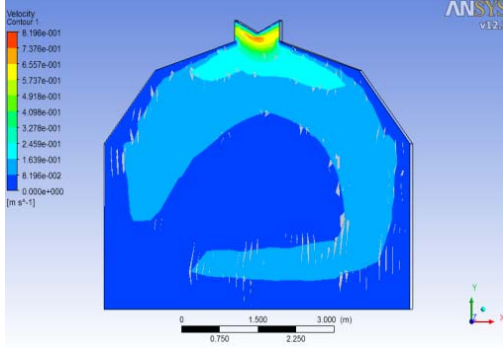
1 m/s



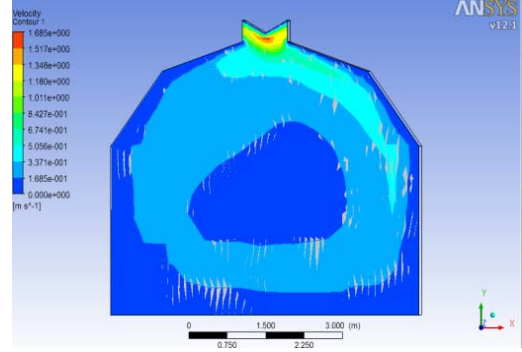
2 m/s

Şekil 4.39. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, D modelinde görülen sera içi hız değişimleri

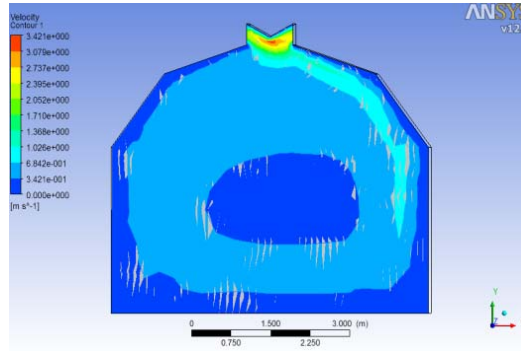
Eylül ayında, D sera modelinde 4.40'da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 0.17, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.31, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.17 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



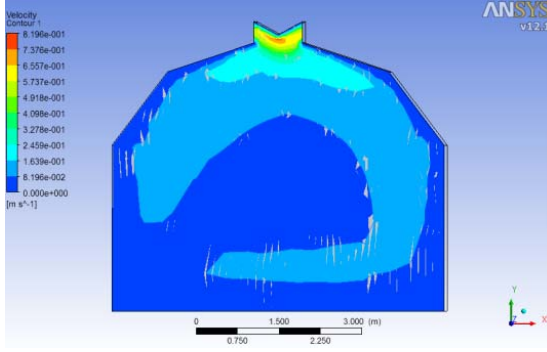
1 m/s



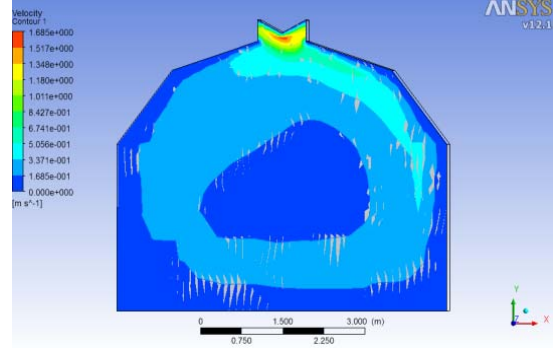
2 m/s

Şekil 4.40. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, D modelinde görülen sera içi hız değişimleri

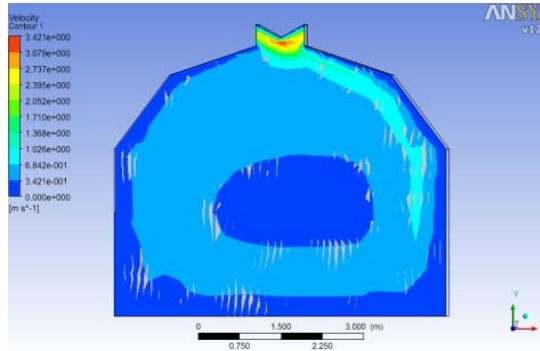
Ekim ayında, D sera modelinde 4.41’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 0.41, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.28, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.17 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



1 m/s

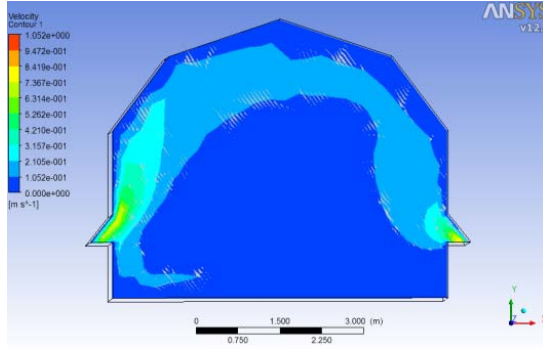


2 m/s

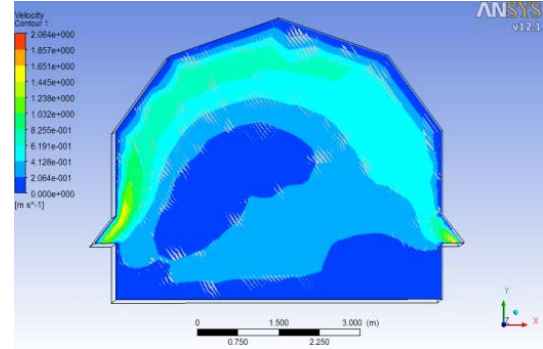
Şekil 4.41. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, D modelinde görülen sera içi hız değişimleri

4.2.5. E Modeli

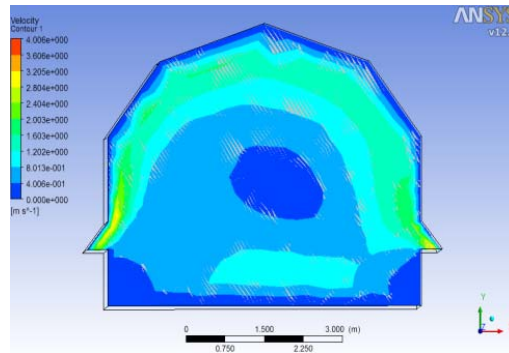
Mayıs ayında, E sera modelinde 4.42’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 1.43, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.8, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.25 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



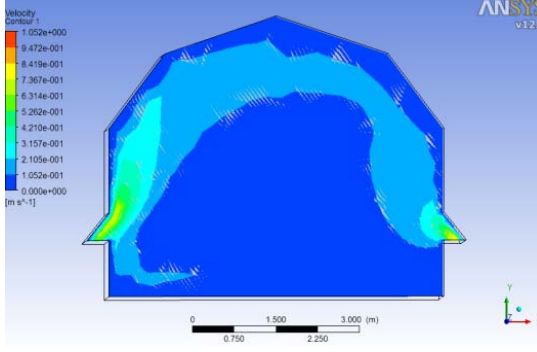
1 m/s



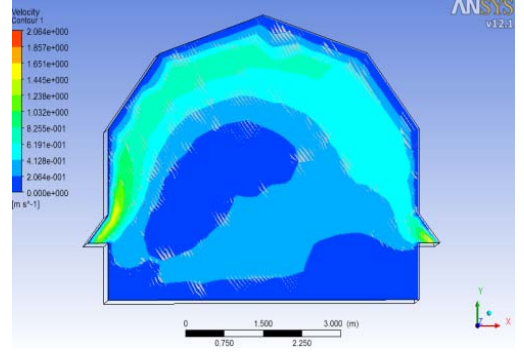
2 m/s

Şekil 4.42. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, E modelinde görülen sera içi hız değişimleri

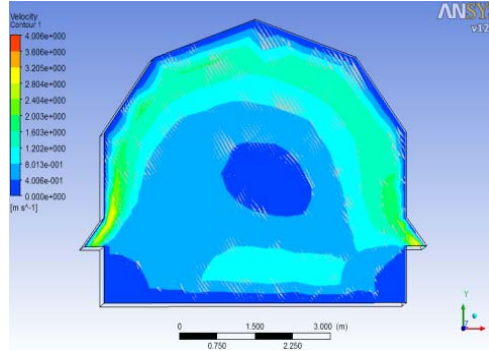
Haziran ayında, E sera modelinde 4.43'da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 0.14, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.8, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.25 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



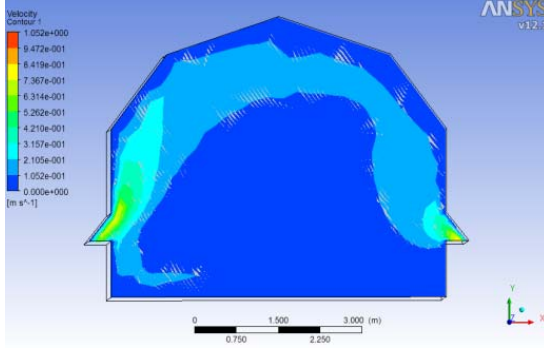
1 m/s



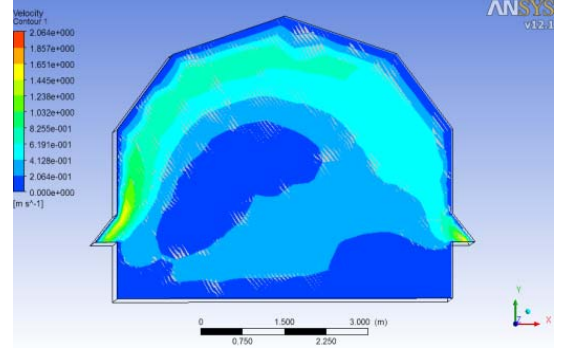
2 m/s

Şekil 4.43. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, E modelinde görülen sera içi hız değişimleri

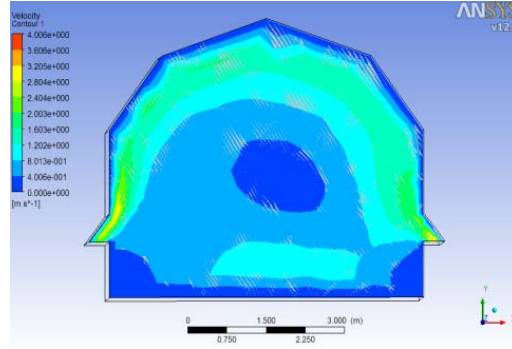
Eylül ayında, E sera modelinde 4.44'te görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 1.11, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 0.8, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.25 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



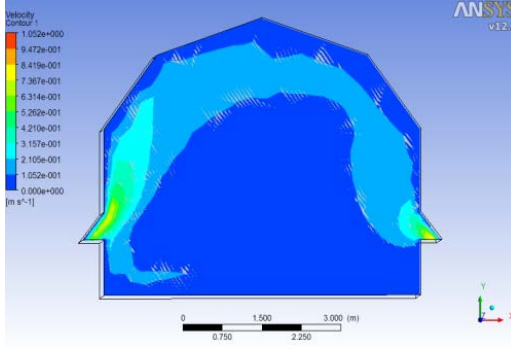
1 m/s



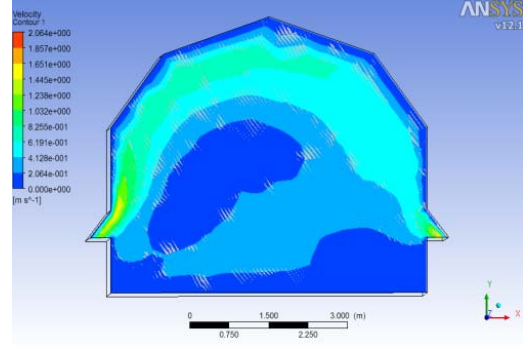
2 m/s

Şekil 4.44. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, E modelinde görülen sera içi hız değişimleri

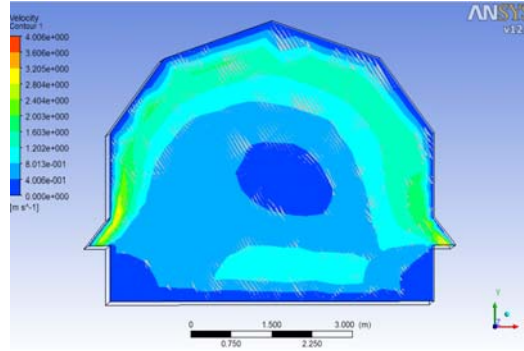
Ekim ayında, E sera modelinde 4.43’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 1.1, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 1, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 0.25 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



1 m/s

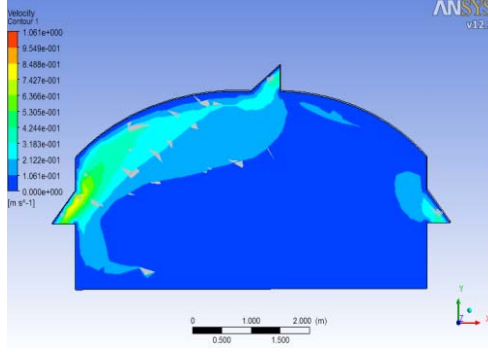


2 m/s

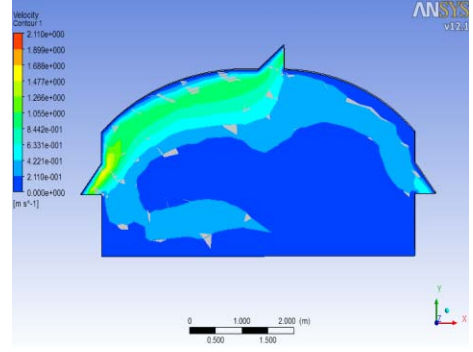
Şekil 4.45. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, E modelinde görülen sera içi hız değişimleri

4.2.6. F Modeli

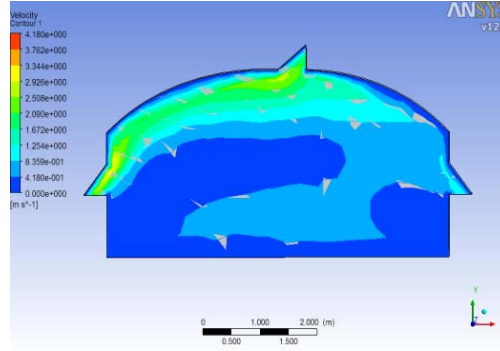
Mayıs ayında, F sera modelinde 4.46'da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 5, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 2, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 1.33 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



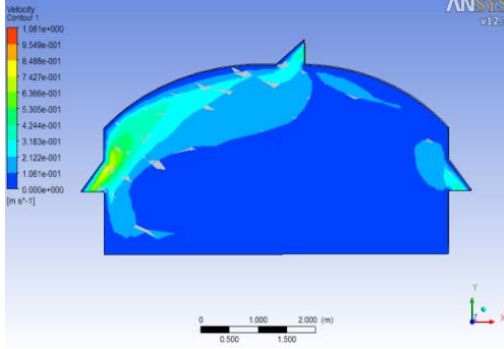
1 m/s



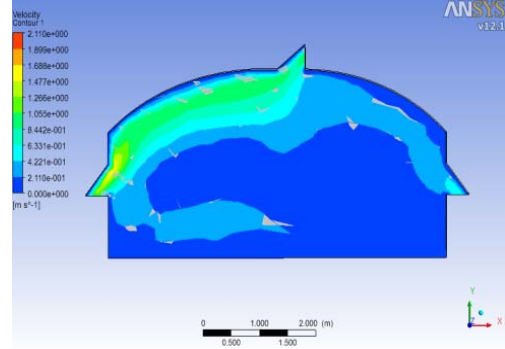
2 m/s

Şekil 4.46. Farklı rüzgâr hızlarında Mayıs ayında, F modelinde görülen sera içi hız değişimleri

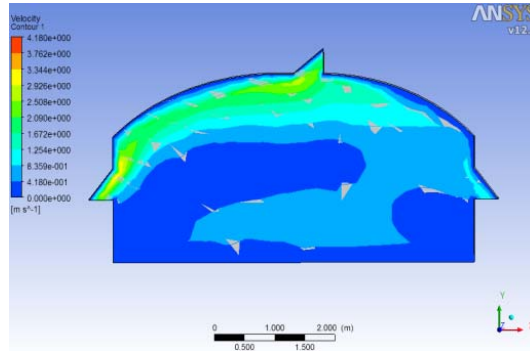
Haziran ayında, F sera modelinde 4.47’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 2.5, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 2, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 1.33 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



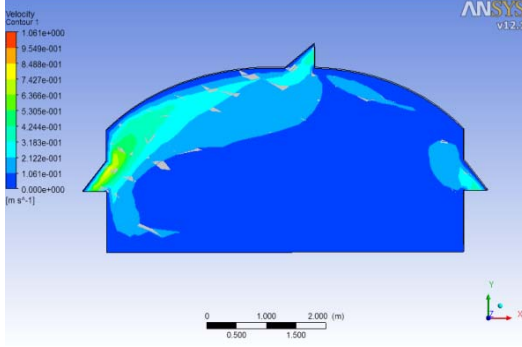
1 m/s



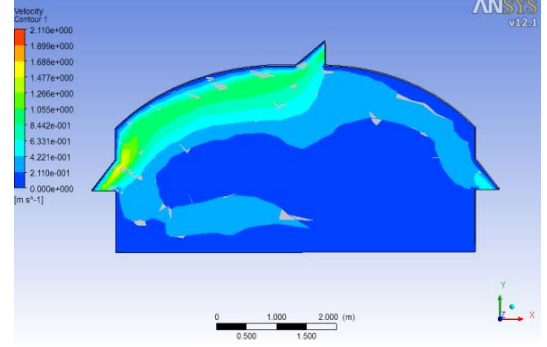
2 m/s

Şekil 4.47. Farklı rüzgâr hızlarında Haziran ayında, F modelinde görülen sera içi hız değişimleri

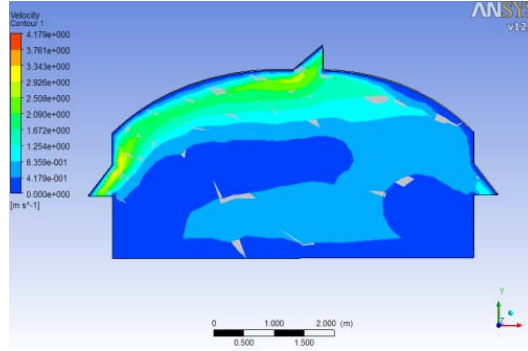
Eylül ayında, F sera modelinde 4.48’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 3.33, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 2, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 1.33 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



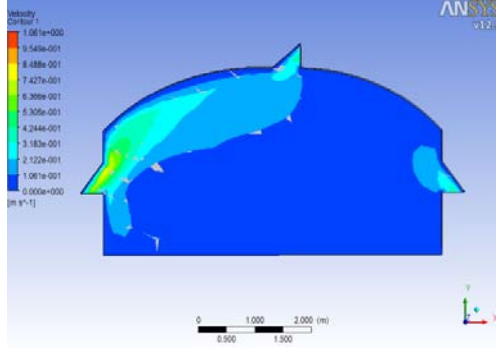
1 m/s



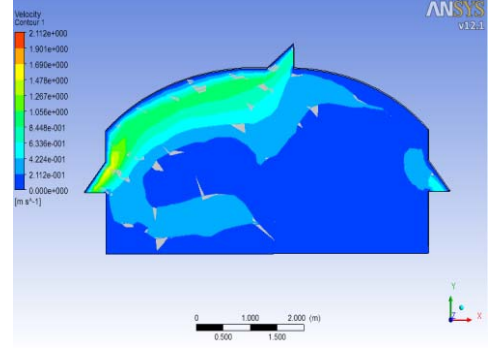
2 m/s

Şekil 4.48. Farklı rüzgâr hızlarında Eylül ayında, F modelinde görülen sera içi hız değişimleri

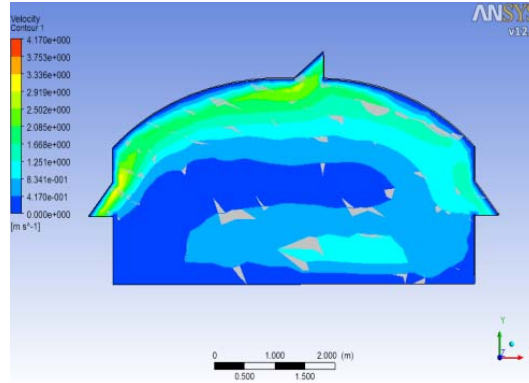
Ekim ayında, F sera modelinde 4.49’da görüldüğü gibi rüzgar hızı 0.5 m/s olduğunda seranın orta kısmında 2 m yükseklikteki ve 1 m yükseklikteki rüzgar hızları oranı 3.33, bu oran rüzgar hızı 1 m/s olduğunda 2, rüzgar hızı 2 m/s olduğunda ise 1.27 olarak kaydedilmiştir.



0.5 m/s



1 m/s



2 m/s

Şekil 4.49. Farklı rüzgâr hızlarında Ekim ayında, F modelinde görülen sera içi hız değişimleri

Yapılan çalışmayla sıcaklığın sera içerisindeki değişimi, sera modelleri arasındaki farklılıkları ortaya konulmuştur. Bitkiler için sera içerisindeki sıcaklık dağılımının, bitki için gerekli sıcaklıklar arasında olması hem yetiştirici açısından hem de bitki verimi açısından oldukça önemlidir. Çalışma da bitkisiz olarak analiz edilmiş fakat Samsun koşullarında yetiştirilebilecek bitkiler için gerekli olan çevresel iklim şartları yakalanmaya çalışılmış ve analizlerden elde edilen sonuçlara göre de başarılı veriler elde edilmiştir. Sıcaklık faktörünün sera içerisindeki etkisi açısından modellerimizi karşılaştıracak olursak sera içerisinde her yerde aynı sıcaklığı koruyabilen sera modeli olarak D serası önerilmektedir. Bunun nedeni diğer modellerde olduğu gibi sera içi sıcaklık dağılımı çok fazla değişim göstermemekte ve sera içi sıcaklık dağılımı bitkiler için oldukça üniform bir değerde kalmaktadır. Mistriotis ve ark., (1997a) solar radyasyonun enerji dengesinde öneminin büyük olduğunu göstermiştir. Solar radyasyonun artışı sera içerisinde sıcaklık değerinin artmasına sebep olur. Yaptıkları çalışmada da savundukları hipotezi CFD alt tabanlı veriler elde ederek başarılı bir şekilde ortaya koymuşlardır.

Sera içi iklimsel faktörlerden en önemlilerinden biri de rüzgâr hızıdır. Yapılan çalışmada rüzgâr hızına en büyük etki eden faktörün etkili havalandırma yüksekliği olduğu ortaya konulmuştur. Etkili havalandırma yüksekliğinin artmasında sera içerisindeki rüzgâr hızında artış kaydedilmiş ve bitkiden ve topraktan buharlaşma ve terleme ile atılan farklı gazların iyi bir şekilde dışarıya atıldığı ortaya konulmuştur. Bu sayede bitki için sera içerisinde uygun çevre koşulları sağlanılmaya çalışılmıştır. Sera modelleri arasında bu bulguya en iyi sonucu veren C modeli olmuştur. Diğer modellere oranla sahip olduğu etkili havalandırma yüksekliğinin büyük olması bitkiler için daha iyi bir havalandırmayı gerçekleştirmekte, fakat D serasında olduğu gibi hem sıcaklık hem rüzgar hızı açısından tam bir üniformiteyi yakalayamamaktadır. Mistriotis ve ark., (1997b) yaptıkları diğer bir çalışmada rüzgar hızının $0.5 < \text{rüzgar hızı} < 2$ m/s hızları arasında seçerek başarılı sonuçlar elde etmiş ve rüzgar hızının doğal havalandırmada oldukça önemli bileşenlerden biri olduğunu ortaya koymuştur. Baeza ve ark. (2004) etkili havalandırma yüksekliğini 2.2 m boyutlandırarak rüzgar hızının havalandırmaya etkisini başarılı olduğunu ortaya koymuştur. Fakat daha fazla rüzgar hızı bitkiler için zarar verebileceğini de savunmuşlardır.

Sera içerisinde çevre şartlarını etkileyen faktörlerden biri olan rüzgâr yönünün etkisi de bu çalışmada ortaya konulmaya çalışılmıştır. Rüzgâr yönünün zemine paralel (+x yönünde) seçilmiş olması modeller arasında sıcaklık ve rüzgâr hızı değişimlerine sebep olmuştur. Roy ve Boulard (2005) tünel tipi seralarda rüzgar yönünü zemine paralel olarak seçmişler ve sera içerisinde örtünün etrafında rüzgar hızının düşük, bağıl nem ve sıcaklığın yüksek, seranın orta kısımlarında ise bu durumun tam tersi olduğunu ortaya koymuşlardır.

Hong ve ark. (2008) hava değişim sayısını dakikada 1.3, 1.23, 1.02 ve 0.74 olarak seçmişler. Buna göre yapılan çalışmada hava değişim sayısını dakikada 1 olarak seçildi ve sera içerisinde doğal havalandırma için gerekli olan koşulları başarılı bir şekilde elde edilmiştir. Samsun verilerine göre elde edilen bu çalışmada gün içerisinde sıcaklığın en yüksek olduğu saat hesabına göre çalışmalar analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlara göre D modelinin bu şartlara rağmen önerilebilir kapasiteye sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Elde edilen verilere göre A, B ve C sera modelleri diğer modellere oranla sahip oldukları tasarlanan doğal havalandırma konumları nedeniyle benzerlik gösterdiğinden dolayı, A serasından C serasına gidildikçe etkili havalandırma yüksekliği artmaktadır. Bu nedenle A serasında sera içi sıcaklık değeri yan duvar havalandırma girişinde ve çatı havalandırmasında daha düşük değere sahipken, C serasında sıcaklık değeri daha çok düşmektedir. Sayısal değerlerde C serası sahip olduğu etkili havalandırma yüksekliğinin A ve B seralarına oranla sırasıyla 0.5 ve 1 m daha fazla olması nedeniyle havalandırmanın daha uygun bir şekilde gerçekleştiği ortaya konulmuştur. Sera modelleri içerisinde D sera modeli yan duvarlardan havalandırma açıklığına sahip olmadığından dolayı sera içi sıcaklık değeri diğer sera modellerine oranla daha yüksek, sera içi rüzgar hızı değeri ise daha düşük değere sahip olmuştur. Doğal havalandırmayı gerektiren aylarda kullanılan iklim değerlerine göre hesaplanan sonuçlarda değişimin çok fazla olmaması, bu sera modelinin diğer sera modellerine oranla havalandırma etkisini düşürmüş ve bölge için önerilebilecek sera modeli olmadığı ortaya konulmuştur. E sera modeli analiz sonuçları ise sadece yan duvarlardan havalandırma açıklığına sahip olması nedeniyle CFD sonuçlarında vermiş olduğu değerler Samsun ili için sorun olan çatı havalandırma eksikliğinde görülen olumsuzluğun nedenini ortaya koymuştur. F sera modeli analiz sonuçları ise, doğal havalandırmayı gerektiren aylar bazında sera içi

iklimsel verilerde farklı değişimler göstermiştir. Etkili havalandırma yüksekliğinin diğer seralara oranla en düşük olması nedeniyle sera içerisindeki sıcaklık değerlerinde yükselme, rüzgar hızı değerlerinde ise azalma kaydedilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Samsun seracılığının Akdeniz Bölgesi sahil şeridindeki seracılığa göre avantajı, bahar ve yaz aylarında soğutma ihtiyacının doğal havalandırma sistemleri ile kolaylıkla sağlanabilir olmasıdır. Bu avantaj ekonomik olarak Karadeniz bölgesi ve Samsun seracılığını ilkbahar aylarında geççilik ve sonbaharda erkencilik açısından önemli kazançlar sağlayabilecektir.

Samsun'da seralarda yetiştiriciler açısından en büyük sorun, sera çatı havalandırma sistemlerinin olmamasıdır. Bu yüzden yetiştiriciler seralarda mantari hastalıklarla karşı karşıya kalmakta, ürünün kalite ve veriminde düşüşlerle birlikte sera içerisine kimyasal ilaçların girdisi artmaktadır. Seraların büyük çoğunluğu yay çatılıdır ve yay çatılı seralarda çatı havalandırma sisteminin oluşturulmasındaki zorluklar ve maliyette getirdiği artışlar seralarda çatı havalandırması yapılmamasına neden olmaktadır. Sera havalandırma açıklıkları yan duvar havalandırma açıklıklarından sağlanmaya çalışılmakta ve yeterli havalandırma sağlanamamaktadır. Seralarda bitkilerin sağlıklı bir şekilde gelişip büyümesi ve optimum verimin elde edilmesi için yeterli oranda hava değişim oranlarının elde edilmesi gerekmektedir ve buda sera toplam hacminin dakikada en az bir kere değişmesini ve yenilenmesini gerektirmektedir. Ayrıca, doğal havalandırmalı seralarda optimum hava değişim oranlarının elde edilebilmesi ve havalandırmanın etkin bir şekilde yapılabilmesi için, sera toplam havalandırma açıklığı alanının sera taban alanına oranının %15-25 arasında olması gerektiği bilinmektedir. Bu çalışmada, hem bölgede yaygın olarak kullanılmakta olan doğal havalandırmalı sera modelinin aerodinamik özelliği belirlenmesi ve hem de bölge örtü altı yetiştiriciliğine daha uygun olacağı düşünülen altı farklı sera modelinde hava değişim oranları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu nedenle çalışmada elde edilmiş olan sonuçlar, konu ile ilgili olarak çalışan bilim insanlarına, daha da önemlisi bölgede ve ülkede doğal havalandırmalı seralarda üretim yapan örtü altı üreticilerine ve sera konstrüksiyonu imal eden ve pazarlayan firma sahiplerine faydalı olacağına inanılmaktadır.

Farklı doğal havalandırmalı sera modellerinin sera iç ortam iklim parametrelerine ve bitkisel üretimde bitki büyüme, gelişme ve verim üzerine olan etkilerinin olası etkinliğinin yorumlanmasında ve sera tasarımıda zamanı iyi kullanabilmeyi sağlamıştır. Çalışmada spesifik olarak elde edilen veriler: 1) Hali hazırda bölgede yaygın olarak

kullanılan doğal havalandırmalı sera modelinin aerodinamik özelliği belirlenmesi amacı göz önünde bulunarak değerlendirilme yapılmıştır. 2) Bölgede bitkisel üretim için örtü altı bitkisel üretime uygun bir doğal havalandırmalı sera modelinin değerlendirilmek üzere belirlenen altı farklı sera modeli arasından etkili havalandırma yüksekliğinin gösterdiği üstün performansdan dolayı sera içerisinde uygun çevre şartlarını sağlaması nedeniyle C modeli önerilmiştir. 3) Farklı çatı ve yan havalandırma açıklıklarının sera havalandırmasına, sera hava değişim oranlarına ve sera içi hava akış paternine olan etkisi sayısal olarak CFD ile doğru bir şekilde belirlenmiştir. 4) Bilgisayar simülasyonları sonucunda elde edilen sera hava değişim oranlarının ve sera havalandırmasının bitki büyüme, gelişme ve verim parametreleri üzerine olası etkilerinin önceden yorumlanması sağlanmış ve böylelikle hem ekonomik açıdan hem de zaman tasarrufu açısından üreticilere en iyi sera modeli önerilmeye çalışılmıştır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) ile elde edilen en iyi sera modeli olan C modeli sera içi iklimsel değerleri birlikte değerlendirilerek, sera üreticilerinin mevcut seralarını önereceğimiz seraya dönüştürmeleri ve sera modeli açısından üretici ve sanayi dalı olarak Samsunda bu konuda önemli kazanımlar ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Bitkisiz ortamda çalışılan bu sera modellerinde, bölgeye uygun bitki, örtü malzemesi, güneş ışığı geliş açısı ve rüzgar yönü değişikliği gibi parametreler göz önüne alındığında sayısal veriler değişiklik gösterecektir. Etki eden bu çevresel faktörler sera içerisindeki sıcaklık ve bağıl nem değerlerinde artışa, rüzgar hızı değerlerinde azalışa sebep olması nedeniyle bu gibi faktörlerin CFD ile ilgili yapılacak çalışmalarda göz önüne alınması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Al-Helal, I.M.M.S., 1998. A Computational Fluid Dynamics study of natural ventilation in arid region greenhouse, The Ohia State Universty
- Anonymous, 2008. Heating Ventilating and Cooling Greenhouses. American Society of Agricultural and Biological Engineers Standarts, ASABE EP406.4 JAN2003 (R2008).
- Arıcı, I., 1994. Sera Yapım Tekniği. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları, 44, Bursa, s 19-54.
- Aydoğan, T., 1997. Uzman Sistemler ile Sera Kontrolü. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, s:19-25.
- Baştürk, G., 2004. Bir Akışkan Karıştırma Kabında Karıştırma ve Isıtma Proseslerinin CFD Simülasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 126.
- Baytorun, A.N., Abak, K., Tokgöz, H., Güler, Y. ve Üstün, S., 1995. Seraların Kışın İklimlendirilmesi ve Denetimi Üzerinde Çalışmalar. TÜBİTAK Proje No:TOAG-993, Adana, s:1-4.
- Baytorun, N., 1995. Seralar (Çeviri). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Adana, 110, s 1-276.
- Bot, G.P.A., 1983. Greenhouse climate: from physical processes to dynamic model. PhD Dissertation, Agricultural University of Wageningen, Netherland 240pp
- Boztok, K., 1986. Karlılık Açısından Sera Klima Düzenlemesi. Türkiye 2. Seracılık Sempozyumu Bildirileri, s:65-75.
- Cemek, B., 2005. “Samsun İl Ve İlçelerinde Seraların İklimsel İhtiyaçlarının Belirlenmesi”OMU. Zir .Fak.Cilt : 20-3, 34-44.Samsun.
- Chau, K.V., 1982. Effects of cover curvature on collector efficiency. Transaction of the ASAE, p 1381.
- De Jong T., 1990. Natural ventilation of large multi-span greenhouses. PhD Thesis, Agricultural University of Wageningen, Netherland.

- Dorf, R., C., 2000. The Engideering Handbook, CRC Press.
- Duffie, A.J., Beckman, A.W., 1974. Solar Energy Thermal Process. A Wiley-Interscience Publication, New York, USA, p14-17.
- Durmaz, N., 1994. Seralarda Havalandırma Kapaklarının Kademeli ve Otomatik Olarak Açılıp Kapatılması Üzerine Bir Çalışma. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya, s:2.
- Emekli, N., Y., Kendirli, B., Kurunc, A., 2010. Structural Analysis and Functional Characteristic of Greenhouses in The Mediterranean Region of Turkey. African Journal of Biotechnology Vol. 9(21), pp.3131-3139.
- Ekmekyapar, T., 1991. Hayvan Barınaklarında Çevre Koşullarının Düzenlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 306, Erzurum, s 42-44.
- Fernandez, J.E., Bailey, B.J., 1992. Measurement and prediction of greenhouse ventilation rates. Agricultural and Forest Meteorology, 58, 229–245
- Haxaire, R., 1999. Caracte' risation et Mode' lisation des e' coulements d'air dans une 93apa [Characterisation and modelling
- Hellickson, M.A., ve Walker, J.N., 1983. Ventilation of Agricultural Structures. American Society of Agricultural Engineers, Michigan, p 257-300.
- Hong, S.W., Lee, I.B., Hwang, H.S., Seo, I.H., Bitog, J.P., Yoo, J.I., Kim, K.S., Lee, S.H., Kim K.W., Yoon, N.K., 2008. Numerical Simulation of Ventiltion Efficiencies of Naturally Venilated Multi-Span Greenhouses in Korea. Transactions of the ASABE 51 (4), 1417-1432.
- Incropera, F. P., DeWitt D. P., 2001. Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri. Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- İstanbullu, A., 1996. Deneysel Amaçlı Esnek Sera Kontrol Sistemi. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kütahya, s:5.
- Kaçıra, M., Short, T.H., Stowell, R., 1998. A CFD evaluation of naturally ventilated multi-span, sawtooth greenhouses. Transaction of the ASAE, 41(3), 833–836.

- Kaçıra, M. and S. Sase. 2004a. Optimization of vent configuration by evaluating greenhouse and plant canopy ventilation rates under wind induced ventilation. Transactions of the ASAE, 47(6): 2059-2067.
- Kaçıra, M., S. Sase and L. Okushima. 2004b. Effects of side vents and span numbers on wind-induced natural ventilation of a gothic multi-span greenhouse. Japan Agricultural Research Quarterly, 38(4): 227-233.
- Kittas, C., Boulard, T., Mermier, M., Papadakis, G., 1996. Wind induced air exchange rates in a greenhouse tunnel with continuous side openings. Journal of Agricultural Engineering Research, 65(1), 37-49
- Kurtmen, N., 1991. Yerli Yapım Seralarda Havalandırma Sistemlerinin Araştırılması. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, s:1-15.
- Launder, B. E., Spalding, D.B., 1974. The Numerical Computation of Turbulent Flows, Vol. 3. Comp. Meth. Appl. Mech. Eng., p. 269.
- Lee, I.B., Short, T.H., Sase, S., Okushima, L., Qiu, G.Y., 2000. Evaluation of structural characteristics of naturally ventilated multi-span greenhouses using computer simulation. Japan Agricultural Research Quarterly, 34(4), 247-256
- Mistriotis, A., Bot, G.P.A., Picuno, P., Scarascia-Mugnozza, G., 1996. Analysis of the efficiency of greenhouse ventilation using computational fluid Dynamics. To appear in J. Agric. Forest Meteor.
- Mistriotis, A., Arcidiacono, C., Picuno, P., Bot, G.P.A., Scarascia-Mugnozza, G., 1997a. Computational Analysis of Ventilation in Greenhouses at Zero and Low-Wind-Speed. Agricultural and Forest Meteorology 88, 121-135
- Mistriotis, A., Bot, G.P.A., Picuno, P., Scarascia-Mugnozza, G., 1997b. Analysis of the efficiency of greenhouse ventilation using computational fluid exchange. Journal of Agricultural Engineering Research, 85, 217-228
- Mistriotis, A., Briassoulis, D., 2002. Numerical estimation of the internal and external aerodynamic coefficients of a tunnel greenhouse structure with openings. Computers and Electronics in Agriculture 34 (1-3), 191-205

- Molina-Aiz, F.D., Valera, D.L., Alveraz, A.J., 2004. Measurement and simulation of climate inside Almeria-type greenhouse using Computational Fluid Dynamics. *Agricultural Forest Meteorology*, 125, 33-51
- Norton, T., Sun, D.W., Grant, J., Fallon, R., Dodd, V., 2007. Application of Computational Fluid Dynamics CFD in the Modelling and Design of Ventilation Systems in the Agricultural Industry: A Review. *Bioresource Technology* 98, 2386-2414
- Okuroğlu, M. ve Yağanoğlu, A.V., 1993. Kültürteknik. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları, 157, Erzurum, s 278-293.
- Okushima, L., Sase, S., Nara, M., 1989. A Support System for Natural Ventilation Design of Greenhouse Based on Computational Aerodynamics. *Acta Horticulturae* 248, 129-136.
- Papadakis, G., Mermier, M., Meneses, J.F., Boulard, T., 1996. Measurement and analysis of air exchange rates in a greenhouse with continuous roof and side openings. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 63, 219–228
- Perry, R. H., 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, Seventh Edition. The McGraw-Hill Co. Inc.
- Ranz, W.E., Marshall, J.W.R., 1952. Evaporation from drops, part I. *Chemical Engineering Program*, 48(3), 141-146)
- Reichrath, S., Davies, T.W., 2002. Computational fluid Dynamics simulations and validation of the pressure distribution on the roof of a commercial multi-span Venlo-type glasshouse. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 90, 139-149.
- Richards, P.J., Hoxey, R.P., 1993. Appropriate boundary-conditions for computational wind engineering models using the k-epsilon turbulence model. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 46-7, 145-153.
- Roache, P.J., 1972. *Computational Fluid Dynamics*. Hermosa.

- Roy, J.C., Boulard, T., 2005. CFD Prediction of the Natural Ventilation in A Tunnel-Type Greenhouse: Influence of Wind Direction and Sensibility to Turbulance Models. *Acta Horticulturae* 691, 457-464
- Sase, S., Takakura, T., Nara, M., 1984. Wind tunnel testing on airflow and temperature distribution of a naturally ventilated greenhouse. *Acta Horticulturae*, 148, 329–336
- Sase, S., Kaçira, M., Okushima, L., Ishii, M., Moriyama, H., Kowata, H., 2004. Cooling Greenhouses Under Natural Ventilation. International Workshop on Agriculture Structures and Environmental Control. Suwon-city, Korea.
- Sun, Y., Tan, Z., Zhang, Y., Zhao, L., 2004. Comparison of six CFD models for room airflow study with PIV measurement data. In: *Proceedings of the 2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting*, Ottawa, Ontario. ASAE, Canada.
- Uyarel, A., ve Öz, E.S., 1987. Güneş Enerjisi ve Uygulamaları. Emel Matbaacılık Sanayi, Ankara, s 22-27.
- Üstün, S., 1998. *Sera Projelerinin Hazırlanmasına Yönelik Bir Uzman Sistemin Oluşturulması*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, s:1.
- Versteeg, H.K., Malalsekeera, W., 1995. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics*. Longman Group Ltd, Harlow, UK.
- White, F. M., 1998. *Fluid Mechanics*, Mc Graw-Hill. New York.
- Yağanoğlu, A.V., 1996. *Sera Yapım Tekniği*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Ders Notları, Erzurum, (Basılmamış).
- Yağcıoğlu, A., 2009. *Sera Mekanizasyonu*. Ege Üniversitesi Basımevi. Bornova-İzmir.
- Yönelik Bir Çalışma. *Akdeniz Üni. Zir. Fak. Dergisi*, 18(1):25-34.
- Yakhot, V., Orszag, S.A., 1986. Renormalization Group Analysis of Turbulence: I. Basic Theory. *Journal of Scientific Computing*, 1-51.
- Yüksel, A.N., 1995. *Sera Yapım Tekniği*. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, s 13-330.

7. ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Rize’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul’ da tamamladı. 2005 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ziraat Mühendisliği programına kaydoldu. 2009 yılında Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünden mezun oldu. 2009 yılında Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında halen yüksek lisansına devam etmektedir.

İletişim Bilgileri: asli_atis@hotmail.com