

## Tekirdağ Koşullarında Yüksek Tünelde Hava Hareketi İle Hava Sıcaklığının Birbirine Etkilerinin Belirlenmesi

Elif YÜKSEL

Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tekirdağ

eyuksel@nku.edu.tr

### ÖZET

Tekirdağ, Trakya Bölgesinde tarımsal üretimin yoğun bir şekilde yapıldığı illerin başında gelmektedir. Bu tarımsal üretim kollarından bir tanesi de son yıllarda örtüaltı yetiştiriciliği olarak ortaya çıkmaktadır. Özellikle gelişimi hızlanan bu üretim şeklinde Tekirdağ ilinin, ikliminin Trakya'da daha ılıman ve İstanbul gibi büyük bir tüketim merkezine yakın olmasının büyük payı vardır.

Bu çalışmada, Tekirdağ ilinde yapılan örtüaltı yetiştiriciliğine hava hareketinin, tünel içi sıcaklığına olumlu ve olumsuz etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Özellikle tünelde bitkilerin olmadığı ve hava hareketinin fazla olduğu uzunlamasına eksen boyunca, daha düşük hava sıcaklık dereceleri elde edilmiştir. Hava hareketinin olmadığı tünel içinde, ön ve arka cephelerinde daha yüksek hava sıcaklıkları ölçülmüştür. Bunun kış mevsiminde yüksek tünel içindeki bitkilerde özümlemeye azaltıcı etkisi olacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Örtüaltı Yetiştiriciliği, Hava Hareketi, Hava Sıcaklığı, Tekirdağ

### The Interaction Between The Air Circulation And The Air Temperature Inside The High Tunnel Under The Local Conditions Of Tekirdağ

#### ABSTRACT

Tekirdağ, a province in Thrace, is amongst the top producers of agricultural products regionally. The undercover growing has been emerging as one of these agricultural branches in the last decade. The facts that the province has a milder climate than most of elsewhere in Thrace and that it is close to Istanbul, which provides a huge market, are the leading causes behind this quick growth in this particular production method.

In this study, the aim was to determine the positive and the negative effects of the air circulation on the interior temperature of the tunnel in the undercover production in Tekirdağ. Lower air temperatures were recorded especially along the longitudinally axis, where no plants were sited and where the air movement rates were higher. In the other parts of the tunnel where the air circulation was negligible, and on the front and rear sides of the exterior of the tunnel, higher air temperatures were measured. This would lead to a decrease in the photosynthesis rates of the plants inside the high tunnel in winter.

**Key words:** Undercover Production, Air Movement, Air Temperature, Tekirdağ

#### Giriş

Sera yetiştiriciliği iklime bağlı kalmadan, birim alandan daha fazla ve kaliteli ürün almayı hedefleyen bir üretim şeklidir. Sera, günümüzde yoğun işgücü kullanımı nedeniyle, kırsal kesimde artan nüfusa iş imkanı sağlayarak, şehirlere göçü önleyerek çarpık şehirleşmeyi azaltan önlemlerin başında gelmektedir.

Sera işletmeciliğini kısıtlayıcı en büyük etmen, sera içinde bitki gelişmesi için en uygun sıcaklığı sağlamada kullanılan yakıt ile ısıtma sistemi yapım ve bakım giderleridir. Bu nedenle ülkemizde sera işletmeciliği kurulabilecek bölgeler Akdeniz, Ege, Marmara, Karadeniz bölgeleri ile uygun iklimi olan yörelerdir. Bazı durumlarda iklimi daha az uygun olan ancak büyük tüketim merkezlerine yakın olan yerlerde, örtüaltı yetiştiriciliği

nakliye giderlerinin az olması nedeniyle ekonomik olabilir.

Trakya'da Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerini kapsayan alanda, örtüaltı yetiştiriciliğinin gelişimi 2000'li yıllara kadar çok düşük seviyelerde olup, toplam 128 da dolayındaydı. Son yıllarda devletin desteğiyle bu değerler sadece Tekirdağ'da 136 da'a ulaşmıştır (Yüksel ve Yüksel, 2011).

Bu illerden Tekirdağ Trakya Bölgesi'nde hava sıcaklığı yönünden daha avantajlı olması yanında, güney illerimize göre bu değer daha düşüktür. Ancak Tekirdağ, İstanbul gibi büyük bir tüketim merkezine çok yakın olması taşımacılık yönünden önemli bir avantajdır. Tekirdağ'ın örtüaltı yetiştiriciliği yönünden bu avantajlı durumu, tarım kuruluşları tarafından değerlendirilmiş ve desteklenmiştir. Ayrıca çalışmanın yürütüldüğü Tekirdağ ilinin iklim, toprak ve su kaynakları açısından seracılığa uygun olmasının da etkisi vardır.

Herhangi bir alanda seracılık faaliyetlerinin yapılabilmesi için, uygun ekolojik koşulların bulunması gerekmektedir. Seracılığın yapıldığı alanlarda sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde güneşlenme oranlarının yüksek olması, kış aylarının ılık geçmesi, hava neminin az olması gerekmektedir. Seralarda yörenin iklim koşulları üretim ekonomisine etki eden en önemli etmenddir. Seracılığın yapılacağı bölgenin iklim değerleri bitki gelişimi için, gerekli olan sınır değerlerle karşılaştırılmalı ve değerlendirilmelidir (Yıldırım ve Meral, 2011).

Tarımsal açıdan önem taşıyan bitkisel ürünlerin çoğu uygun iklim koşullarında dış ortamda yetiştirilebilmektedir. Ancak sonbahar ve kış aylarında rüzgar, yağmur, dolu, kar ve düşük sıcaklıklar gibi iklim etmenleri altında, bitkilerin dış ortamda verimli ve kaliteli bir şekilde yetiştirilmesini mümkün olmamaktadır. Bu bilgilerin ışığında seracılık genel anlamda iklimle ilgili çevre koşullarına, tümüyle veya kısmen bağlı kalmadan gerektiğinde sıcaklık, ışık, nem ve hava gibi etmenler denetim altında tutularak bütün yıl boyunca çeşitli kültür bitkileriyle bunların tohum, fide ve fidanlarını üretmek ve bitkileri korumak amacıyla, ışık geçirebilen malzeme ile kaplanarak değişik şekillerde yapılan bir örtüaltı yetiştiriciliği yapısıdır şeklinde tanımlanabilir (Yüksel ve Yüksel, 2012).

Sera yetiştiriciliğinde bitkilerin en önemli iklim istekleri ışık, sıcaklık, havalandırma ve sulamadır. Işık, fotosentezin oluşabilmesi için en gerekli iklim etmenlerindedir. Işık kaynağı olarak kullanılan güneşin ışınlarının ancak, %1'i bitkiler tarafından fotosentezde değerlendirilmektedir. Bitkilerin gelişmesinde ışığın renkleri, yoğunluğu (intensitesi), günlük ışıklenme süresi (fotoperiyod) ve gelişme süresi boyunca gelen toplam ışıklenme süresi önemlidir. Güneş ışınlarının gelmesine göre, seracılığın ekonomik olup olmamasına karar verilirken, en önemli etmen olarak ortaya çıkar. Havalandırma, seranın iç havasıyla dışarıdaki atmosfer havasının değiştirilmesidir. Gün içerisinde düzenli havalandırma ile sera içindeki havanın düşen karbondioksit oranını yükseltilecek, bitkilerin daha fazla fotosentez yapabilmeleri sağlanır. Bitkiler normal gelişmelerini tamamlayabilmeleri için, en uygun sıcaklık derecesinde belirli bir süre geçirmeleri gerekir. Seralarda sıcaklığın, bitki türleri için farklı gelişme dönemlerinde istenilen en yüksek sıcaklığın üstüne ve en düşük sıcaklığın da altına düşmemesi gerekir. Su, bitki besin elementlerinin bitkiler tarafından topraktan alınabilmesi ve aynı zamanda su ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için en gerekli maddelerdendir. Sera toprağının bitkinin ihtiyacına göre sulanması gerekir. Bitkilerin topraktan aldığı suyun bir kısmı fotosentezde, bir kısmı da terleme (transpirasyon) de kullanılmaktadır. Seradaki havanın nem oranının en uygun sınırları, yetiştirilen bitki türüne, seranın sıcaklığına, ışıklandırma yoğunluğuna ve fotosentez hızına bağlı olarak değişir. Oransal nemin çok düşük olması bitki büyümesi ve gelişmesini çok geriletirken, çok yüksek olması da bitkilerin aşırı vejetatif gelişmesine ve hastalanmasına neden olabilir. Sera örtü malzemesinde yoğunlaşan nem, bitkilerin üzerine damlayarak hastalıkların da oluşmasına neden olabilir. Uygun koşulların sağlanması ile bitkilerden yüksek verim ve kaliteli bir üretim elde edilebilmesi için, sera işletmelerinin bitkileri olumsuz iklim koşullarından korumaları gerekmektedir.

Yüksek tünel şeklinde yapılan ve genişlikleri fazla olmayan plastik örtülü seralar, her iki uçtaki kapılar karşılıklı açılarak havalandırılabilir. Bu havalandırma uygulamasının yeterli olduğunu söylemek

mümkün değildir. Ancak basit yapılı bu tür seralarda, sıcağa dayanımları yüksek, çevre şartlarına duyarlılıkları düşük, ticari yönden değerleri az olan bitkiler yetiştirildiğinden, ulaşılan havalandırma etkinliği ticari yönden değerleri az olan bitkiler yetiştirildiğinden, ulaşılan havalandırma etkinliği, ticari olarak kabul edilebilir sonuçlar elde edilmesini sağlayabilmektedir (Kaçira et al., 2004). Ülkemizde genelde yapılan sera yetiştiriciliğinde, işletme masraflarını çok yükselttiği için ısıtma yapılmamaktadır. Rüzgarın sıcaklık üzerine etkisi, seralarda gündüz güneş ısı ışınımından biriken ısıyı, konveksiyon ve seralardan sızma ile kaybolmasını arttırmaktadır. Ayrıca bitkisel üretim ve fotosentez için seralarda yapılması zorunlu havalandırmada, sera içinde hava hareketleri ile seradan ısı kaybının fazla olmasına da özen gösterilmelidir. Yaptığımız çalışmada sera içinde ve dışında, hava hareketlerinin hava sıcaklığındaki azaltıcı etkilerinin belirlenmesine çalışılmıştır.

Sera çevresinde fazla hava hareketinin olması, seraların yapısını olumsuz etkilemesi yanında, seralardan ısı kaybını arttıran önemli bir etmendir. Bu nedenle seraların çevresi sürekli esen rüzgar yönüne göre, rüzgar kıranlarla veya perdelerle çevrilmelidir. Rüzgar kıranların dolu (som) gövdeli olması, rüzgar kıran perdelerin arkasında değişken hava akımları (anafor) yaratarak zararlı etki olabileceği için pek istenmez. Rüzgar kıranların en az sera yüksekliğinde ve araları %50 boşluklu olarak kamış, ahşap, çita veya sert plastik levha şeritleriyle oluşturulması gerekir. Seranın ilk kuruluş yıllarında yapay olarak planlanan rüzgar kıranlar, zamanla yerlerini yapraklarını dökmeyen ve uzun boylu ağaçların oluşturduğu doğal rüzgar perdelerine terk etmesinde yarar vardır. Böylece işletmenin estetik görünüşü ağaç sıralarının oluşturduğu doğal rüzgar perdeleri ile güzelleştirilmiş olur.

Bu çalışma, Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokuluna ait gotik çatılı plastik örtülü bir yüksek tünelde yürütülmüştür. Araştırma materyali olarak kullanılan yüksek tünelde ait teknik bilgiler şöyle verilebilir.

Çalışmada kullanılan gotik çatılı yüksek tünel 3,6 m mahya yüksekliğinde, 38,2 m

Burada dikkat edilmesi gereken doğal rüzgar kıran perdesi yapmak amacıyla yerleştirilen ağaç sıralarının, gelecekte seraları gölgelemeyecek bir uzaklıkta yetiştirilmesi gerekir (Yüksel ve Yüksel, 2012).

Bu çalışmada, Tekirdağ koşullarında plastik örtülü, gotik çatılı bir yüksek tünelde hava hareketinin örtüaltı iklimine etkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Materyal

Araştırma alanı olan Tekirdağ ili 40° 59' kuzey enlem ve 27° 29' doğu boylam derecelerinde bulunmaktadır. Denemede kullanılan yüksek tünellerin bulunduğu bölgenin denizden yüksekliği 4 m olup, hemen hemen deniz seviyesindedir. Tekirdağ ili Trakya bölgesinde yer alan illerinden biri ve iklim, toprak ve su kaynakları yönünden seracılığa uygun bir ilimiz olup, büyük tüketim merkezi olan İstanbul'a yakınlığı açısından da avantajlı durumdadır.

Bölge iklim özellikleri bakımından Trakya, Karadeniz ve Marmara olmak üzere üç alt bölgeye ayrılmıştır. Alt bölgeler arasında çok az fark olmakla birlikte genelde yazlar kurak ve sıcak, kışlar serin ve yağışlıdır. Yağışın tamamına yakını yağmur şeklindedir. Çalışmanın yapıldığı Tekirdağ ilinin kış aylarına ait bazı iklim verileri Çizelge 1'de verilmiştir (Anonim, 2011).

**Çizelge 1.** Tekirdağ ilinin Aralık, Ocak ve Şubat aylarına ait bazı iklim verileri

İl	Maksimum sıcaklık (°C)	Maksimum rüzgar hızı (ms <sup>-1</sup> )	Maksimum nem (%)	Ortalama global güneşlenme şiddeti (cal/cm <sup>2</sup> )
Tekirdağ	22,9 Minimum sıcaklık (°C) -10,8	30,8 Minimum rüzgar hızı (ms <sup>-1</sup> ) 0	98 Minimum nem (%) 28	134,3

uzunluğunda ve 7,8 m genişliğinde olup örtü malzemesi tek katlı PE'dir. Yüksek tünelin iskelet malzemesi 50 mm çapında galvanize boruların fabrikasyon olarak iki parça şeklinde üretilmesi ve mahya noktasında bu parçaların birleştirilmesi ile elde edilmiştir. Bu iskelet malzemeleri U şeklindeki profillerle birleştirilerek yüksek tünel kurulmuştur. Örtü malzemesi olarak kullanılan PE plastik bu

profiller üzerine klipslerle tutturulmuştur. Yüksek tünelin örtü malzemesinin tünel içerisine çökmemesi için çatı kısmında iskelet elemanlarının tünel boyunca 50 cm aralıklarla, 3 mm'lik galvanize tel çekilmiştir. Temel olarak iskelet malzemesinin toprağa gelen kısımlarını, 20x30 cm boyutlarında silindirik beton temel ayakları kullanılmıştır. Seranın diğer boyutlarına gelince sera dik kenar yüksekliği 2,2 m, toplam mahya yüksekliği 3,6 m ve çatı makas aralığı 2,0 m'dir (Şekil 1).



(a)



(b)

**Şekil 1.** Çalışmada kullanılan gotik çatılı yüksek plastik tünelin dış (a) ve iç (b) görüntüsü

Denemede kullanılan yüksek tünelin ön ve arka kapılarının yüksekliği 1,96 m,

genişliği 2,05 m ve alanı 4,02 m<sup>2</sup>'dir. Yüksek tünelin yan yüzeylerinde bulunan havalandırma açıklıkları iki parça şeklinde ve birbirinden bağımsız ve bir yerden açılıp kapanmaktadır. İki havalandırma boşluğu arasında ve tünelin iki ucunda da 2 m uzunluğunda kapalı kısım bulunmaktadır. Havalandırma açıklıklarının her birinin uzunluğu 16,5 m yüksekliği 0,9 m ve toplam 14,85 m<sup>2</sup>'dir. Yüksek tünelin bir yan yüzeyinde bunun iki katı 29,7 m<sup>2</sup> havalandırma açıklığı bulunmaktadır.

Hava hareketi hızı ve sıcaklığı anemometre ile aynı anda ölçülmüştür. Ölçüm sırasında kullanılan anemometreye ait teknik özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Anemometreye ait teknik özellikler

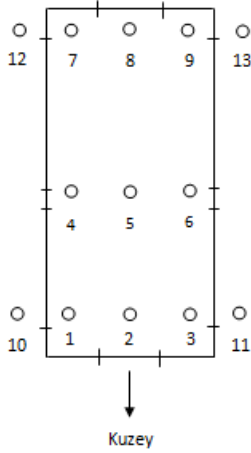
Ölçü	Aralık	Çözünürlü	Hassasiyet
m		k	
ms <sup>-1</sup>	0,5-28	0,1 ms <sup>-1</sup>	± (%3+0,2
	ms <sup>-1</sup>		ms <sup>-1</sup> )
°F-°C	5 ile 122 °F arası (-15 ile 50 °C arası)		
			/%80RH

### Yöntem

Tekirdağ koşullarında gotik çatılı yüksek tünelde hava hareketi hızı ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Aynı ölçümler yüksek tünelin dışında da yapılmış ve iç ve dış ortam arasındaki hava akım hızları ve hava sıcaklıkları karşılaştırılmıştır.

Yüksek tünelde yapılan ölçümler sırasında, yüksek tünelin havalandırma açıklıkları ile ön ve arka kapılar açık olarak ölçüm yapılmıştır.

Ölçümlerin yapıldığı noktalar Şekil 2'de sera taban planında verilmiştir. Ölçümler de yerden 1,6 m'lik yükseklikte ve yetiştiriciliği yapılan marul bitkilerinin yüksekliğinde (yaklaşık 0,25 m) olmak üzere iki farklı yükseklikte yapılmıştır.



Şekil 2. Serada ölçümlerin yapıldığı noktalar

### Seranın dış kısmında yapılan ölçümler:

- Seranın uzunlamasına eksen boyunca doğu ve batı yönlerinde 2'şer adet olmak üzere 10, 11 ve 12, 13 numaralı noktalarda ölçüm yapılmıştır.

### Seranın iç kısmında yapılan ölçümler:

- Sera içinde doğu yan yüzeyleri boyunca 3'er adet, batı yan yüzeyleri boyunca 3'er adet olmak üzere 1, 4, 7 ve 3, 6, 9 numaralı noktalar,
- Ortada sera yolu üzerinde 3'er adet olmak üzere 2, 5 ve 8 numaralı noktalarda ölçüm yapılmıştır.

Ölçümler Aralık ayından itibaren Şubat ayının sonuna kadar yaklaşık olarak saat 10:00, 13:00 ve 16:00 olmak üzere üç farklı zamanda yapılmıştır.

### Araştırma Bulguları

Tekirdağ koşullarında yukarıda genel özellikleri belirtilen gotik çatılı yüksek tünelin, içinde ve dışında farklı noktalarda elde edilen en yüksek ve en düşük hava hareketi hızı ve hava sıcaklığı değişimleri Çizelge 3, Çizelge 4, Çizelge 5, Çizelge 6, Çizelge 7, Çizelge 8'de verilmiştir. Çizelgelerde verilen ve günün farklı zamanlarında (saat 10:00, 13:00, 16:00) ölçülen değerler, farklı günleri temsil etmektedir. Saat 10:00, 13:00 ve 16:00'da yapılan ölçümler kendi içerisinde aynı güne aittir.

Çizelge 3. Saat 10:00'da tünel içinde ve dışında ölçülen en düşük hava hareketi hızları ve sıcaklık değerlerinin değişimi

Tünel İçi	10:00 Ölçüm Yükseklikleri			
	1,6 m	0,25 m	1,6 m	0,25 m
	Hava hareketi hızları (m/s)		Sıcaklık (°C)	
1	0	0	16,0	15,3
2	0	0	11,3	10,3
3	0	0	13,7	11,8
4	0,1	0	10,0	14,2
5	0	0	11,3	12,2
6	0	0	11,2	14,1
7	0	0	16,9	14,8
8	0	0,5	15,0	8,0
9	0,1	0	15,7	14,3
Tünel Dışı	10:00 Ölçüm Yükseklikleri			
	1,6 m	0,25 m	1,6 m	0,25 m
	Hava hareketi hızları (m/s)		Sıcaklık (°C)	
10	0,5	0	12,8	10,0
11	0,6	1,2	9,2	10,1
12	0,5	0	12,8	10,0
13	1,2	0,9	8,8	8,4

**Çizelge 4.** Saat 13:00'te tünel içinde ve dışında ölçülen en düşük hava hareketi hızları ve sıcaklık değerlerinin değişimi

Tünel İçi	13:00			
	Ölçüm Yükseklikleri			
	1,6 m	0,25 m	1,6 m	0,25 m
	Hava hareketi hızları (m/s)		Sıcaklık (°C)	
1	0	0	13,1	12,8
2	0	0,2	9,5	9,1
3	0	0	14,2	12,5
4	0	0	10,3	11,1
5	0	0	10,2	10,0
6	0	0	9,7	11,0
7	0	0	11,9	12,2
8	0	0	12,0	9,6
9	0	0	13,6	11,8

Tünel Dışı	13:00			
	Ölçüm Yükseklikleri			
	1,6 m	0,25 m	1,6 m	0,25 m
	Hava hareketi hızları (m/s)		Sıcaklık (°C)	
10	0,1	0,2	7,9	7,8
11	0,2	0,1	7,4	7,5
12	1,2	0,6	6,2	7,4
13	0,5	0,8	7,3	6,3

**Çizelge 5.** Saat 16:00'da tünel içinde ve dışında ölçülen en düşük hava hareketi hızları ve sıcaklık değerlerinin değişimi

Tünel İçi	16:00			
	Ölçüm Yükseklikleri			
	1,6 m	0,25 m	1,6 m	0,25 m
	Hava hareketi hızları (m/s)		Sıcaklık (°C)	
1	0	0	11,0	10,1
2	0	0	9,2	10,3
3	0	0	11,3	11,3
4	0	0	10,2	9,3
5	0	0	11,5	11,2
6	0	0	11,1	11,0
7	0	0	12,8	11,6
8	0	0	11,2	10,6
9	0	0	12,4	12,9

Tünel Dışı	16:00			
	Ölçüm Yükseklikleri			
	1,6 m	0,25 m	1,6 m	0,25 m
	Hava hareketi hızları (m/s)		Sıcaklık (°C)	
10	0	0,5	8,6	6,8
11	0,4	0,4	6,9	8,1
12	0	0	10,4	10,7
13	0	0	10,8	9,5

**Çizelge 6.** Saat 10:00'da tünel içinde ve dışında ölçülen en yüksek hava hareketi hızları ve sıcaklık değerlerinin değişimi

Tünel İçi	10:00			
	Ölçüm Yükseklikleri			
	1,6 m	0,25 m	1,6 m	0,25 m
	Hava hareketi hızları (m/s)		Sıcaklık (°C)	
1	0	0	14,0	13,9
2	0	0	13,0	11,8
3	0	0	13,2	15,5
4	0	0	17,0	16,5

10:00				
Tünel Dışı	Ölçüm Yükseklikleri			
	1,6 m	0,25 m	1,6 m	0,25 m
Hava hareketi hızları (m/s)				
Sıcaklık (°C)				
5	0	0,8	16,0	12,0
6	0	0,7	13,8	9,9
7	0	0	20,0	18,1
8	1,7	1	10,7	9
9	0	0	16,6	18,3
10	1,1	1,8	9,5	10,1
11	2	1,7	9,5	9,4
12	1,9	1	12,9	10,1
13	1,2	0,5	13,9	15,8

**Çizelge 7.** Saat 13:00'te tünel içinde ve dışında ölçülen en yüksek hava hareketi hızları ve sıcaklık değerlerinin değişimi

13:00				
Tünel İçi	Ölçüm Yükseklikleri			
	1,6 m	0,25 m	1,6 m	0,25 m
Hava hareketi hızları (m/s)				
Sıcaklık (°C)				
1	0	0	6,9	8,1
2	0	0	1,2	0,6
3	0	0	6,9	8,1
4	0	0	13,8	13
5	0	0	10,7	10,8
6	0	0	10,9	11,7
7	0	0	18,3	20,2
8	0	0	9,5	14,7
9	0	0	17,1	17,2
13:00				
Tünel Dışı	Ölçüm Yükseklikleri			
	1,6 m	0,25 m	1,6 m	0,25 m
Hava hareketi hızları (m/s)				
Sıcaklık (°C)				
10	0,7	0,5	5,5	0,8
11	2,9	1,1	0,3	0,1
12	4,6	2,3	2,8	1,2
13	3,0	5,0	1,1	2,3

**Çizelge 8.** Saat 16:00'da tünel içinde ve dışında ölçülen en yüksek hava hareketi hızları ve sıcaklık değerlerinin değişimi

16:00				
Tünel İçi	Ölçüm Yükseklikleri			
	1,6 m	0,25 m	1,6 m	0,25 m
Hava hareketi hızları (m/s)				
Sıcaklık (°C)				
1	0	0	10,2	10,4
2	0	0,1	9,4	9,1
3	0	0	10,2	10,5
4	0	0	11,1	10,5
5	0	0	10,8	11,3
6	0	0	11,9	10,8
7	0	0	11,2	11,3
8	0	0,3	10,1	8,2
9	0	0	9,8	11,1
16:00				
Tünel Dışı	Ölçüm Yükseklikleri			
	1,6 m	0,25 m	1,6 m	0,25 m
Hava hareketi hızları (m/s)				
Sıcaklık (°C)				
10	1,4	0	8,6	7,7
11	0,9	0,2	8,4	8,2
12	0,8	0,9	9,0	7,8
13	2,9	2,4	7,0	6,7

Çizelgeler incelendiğinde şu sonuçlara varılmıştır.

- Yüksek tünelin özellikle dış ön ve arka yan yüzeylerinde az veya çok hava hareketinin olduğu gözlenmiştir. Tünelin iç kısmında ise daha çok orta ve bitkilerin olmadığı kısımlarda, kapıya yakın yerlerde hava hareketinin olduğu, havalandırmalara

- ve kapılara uzak noktalarda ise hava hareketinin pek olmadığı belirlenmiştir.

- Hava sıcaklığı ise tünel içi ve dışında hava hareketine bağlı olarak, az da olsa düşme eğilimi göstermektedir.

- Kapalı bir ortam olan tünelin içinde, hava hareketinin olmadığı zamanlarda 0,25 m ile 1,6 m yüksekliklerde yapılan sıcaklık ölçümlerinde, 0,1-1,0 °C gibi pek fazla fark olmayan değerler ölçülmüştür. Bunda tünelin kapalı bir ortam olması nedeniyle, yer ve güneş radyasyonunun etkisinin minimum düzeyde olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

### Tartışma ve Sonuç

Yüksek tünelin içinde ve dışında, farklı yerlerde ve yüksekliklerde, farklı zamanlarda ölçülen hava hareketine bağlı olarak, sıcaklık değişimleri ile ilgili sonuçları şöyle sıralayabiliriz.

- Yüksek tünelin yan havalandırma açıklıkları ile ön ve arka yüzeylerindeki kapılar açık iken, sera içinde hava değişimi olan yerlerde hava sıcaklığı, hava hareketi hızına bağlı olarak az veya çok düşmektedir. Tünel içerisinde ölçülen en ekstrem değer ise, 1,6 m yükseklikte hava akımı yok iken (0 m/s) sıcaklık 16 °C olarak ölçülmüş, aynı anda 0,25 m'de hava hareketi hızı 0,8 m/s olarak ölçüldüğünde ise sıcaklığın 12 °C'ye düştüğü ve 4 °C'lik bir farkın olduğu görülmüştür. Bu durumun kapıların açık olması ve ölçüm yapılan noktanın tünelin uzunlaşmasına eksenini üzerinde bulunması nedeniyle dışarıdan gelen hava akımının etkisi ile oluştuğu düşünülmektedir.

- Yüksek tünel dışında hava hareketinin olduğu zamanlarda, dış hava sıcaklığı az da olsa düşmektedir. Hava sıcaklığı hava hareketinin olduğu yöndeki tünel kısmında düşmekte, hava hareketinin olmadığı tünelin

dış kısmında hava sıcaklığı pek değişmemektedir.

- Yüksek tünelin ön ve arka yüzeylerindeki kapıların açık olduğu durumda ise, tünelin orta kısımlarında hava hareketine bağlı olarak, hava sıcaklığında düşmelerin olduğu belirlenmiştir. En ekstrem bir diğer örnekte saat 10:00'da ölçülen, kapıya en yakın olan (8 nolu) noktadaki sıcaklık farkının dış havayla etkileşimin olduğu ve soğuk havanın tünelin toprağına yakın olarak hareket etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

- Yüksek tünel içinde 0,25 m'de saat 10:00, 13:00 ve 16:00'da ölçülen sıcaklık değerlerinde, 1,6 m'de ölçülen değerlere göre, az da olsa daha düşük sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Kapalı bir ortam olan tünelde, 0,25 m ile 1,6 m yüksekliklerde yapılan sıcaklık ölçümlerinde 0,1-1,0 °C gibi pek az bir farklı değerler elde edilmiştir.

- Yüksek tünelin ortasında, kapıların etkisinde olan ve bitkilerin bulunmadığı yerlerde daha düşük hava sıcaklığı ölçülmüştür.

- Yüksek tünelin dışında hava hareketine bağlı olarak hava sıcaklığı genelde, düşük değerlerde ölçülmüştür. Hava hareketi arttıkça sıcaklık düşmesi de artmaktadır. Hava hareketi ile birlikte düşen hava sıcaklığına bağlı olarak tünelden, konveksiyon, kondüksiyon ve radyasyonla olan ısı kayıpları da artacaktır.

- Hava sıcaklığının sera içerisinde düşmesi bitkilerde özümlemeyi yavaşlatacak etkiye sahip olduğu bilinmektedir.

Sonuç olarak, örtüaltı yapılarının bulunduğu yerlerde hava hareketine mümkün olduğu ölçüde engel olunmalıdır. Bunun için özellikle sera ve yüksek tünellerin fazla rüzgar almayan veya hava hareketinin fazla olduğu yerlerde, rüzgar perdeleri ile korunmasında yarar vardır.

### Literatür Listesi

Anonim, 2011. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayınları.

Kaçira, M., S. Sase, L. Okushima, 2004. Optimization of Vent Configuration by Evaluating the Greenhouse and Plant Canopy



Ventilation Rates under Wind Induced Ventilation. Transaction of the ASAE.

Yıldırım D. ve R. Meral, 2010. Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) Bölgesi ve Civarı İllerde Seraların İklimlendirme Gereksinimleri. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14(4):13-22.

Yüksel E., A.N. Yüksel, 2011. Tekirdağ'da Örtüaltı Yetiştiriciliğinin Belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 8(2):153-159.

Yüksel A.N., E. Yüksel, 2012. *Sera Yapım Tekniği*. Hasad Yayıncılık, 272s., İstanbul, ISBN:978-975-8377-82-4.