

İKLİM ELEMANLARININ SERA TASARIMI ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Hüseyin CEVRİ
İbrahim ÇAMALAN
Gülten ÇAMALAN

ANTALYA

1. GİRİŞ

Örtü altı tarımı, bitkilerin dış çevre koşullarından tamamen yada kısmen korunması amacıyla kullanılan değişik yapı ve örtü malzemesi altında yapılan bir yetiştiricilik şeklidir. Bu amaçla; **alçak tüneller, yüksek tüneller, plastik ve cam seralar** kullanılmaktadır. Seralar, ister cam ister plastik veya diğer bir petrol türevi olsun ısıtma ve soğutma yapılabilen bu nedenle de bitkilerin dış çevre koşullarından bağımsız olarak mevsim dışı yetiştirilebilmelerine olanak sağlayan sistemlerdir.

Örtü altı sebze yetiştiriciliği ister turfanda amaçlı alçak ve/veya yüksek tünellerde yada mevsim dışı üretim amaçlı **seralarda** yapılsın muhakkak ki tarımın diğer bitkisel üretim kolları içerisinde, birim alandan en fazla verimin alındığı ancak, belki bundan da önemlisi (özellikle sera yetiştiriciliğinde) elde edilebilecek gelirin ve karın başkaca birçok faktöre de bağlı olduğu dardır.

Bu nedenle ülke potansiyelini değerlendirmede, alan artışı yanında sürekli olarak teknolojik gelişim ile sağlanabilecek üretim ve kalite artışının önemi her geçen gün daha da artmaktadır. Bu nedenle başlı başına bir sektör durumuna gelen seracılıkta başta günümüzde ısıtma amaçlı yeterli oranda enerjinin kullanılması belli bir verimlilik ve kalite için zorunludur. Enerjinin kullanıldığı sistemlerde ise, **iklimsel avantajlar** en az enerjinin kullanılmadığı yapılar kadar önemlidir.

2. SERA BİTKİLERİNİN İKLİM İSTEKLERİ

Bir bölgede seracılığın yapılabilmesi için, o bölgenin iklim değerleri bitki gelişimi için gerekli olan sınır değerlerle karşılaştırılır. Bitkisel gelişim için gereksinim duyulan iklim değerleri aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Bitkilerin dondan zarar görmemesi için seralarda mutlak sıcaklık 0 °C'nin üzerinde olmalıdır. Ancak günlük ortalama sıcaklığın 7 °C olması durumunda 0 °C altındaki düşük sıcaklık riskleri ihmal edilebilir.

Sera etkisi dikkate alınarak günlük ortalama dış sıcaklığın 12 °C' nin altına düşmesi durumunda **seralar belli bir verim ve kaliteyi korumak amacıyla ısıtılmalıdır**. Pazar için yetiştiricilik yapılacak bölgedeki sıcaklık değerlerinin 12-22 °C arasında bulunması durumunda (genellikle 17-27 °C' ye adapte olmuş bitkiler için) havalandırma sistemleri ile seralarda arzu edilen optimum iklim etmenlerinin sağlanması mümkün olabilmektedir. Yine seralarda maksimum sıcaklığın ise 35-40 °C üzerine çıkması ise arzu edilmez.

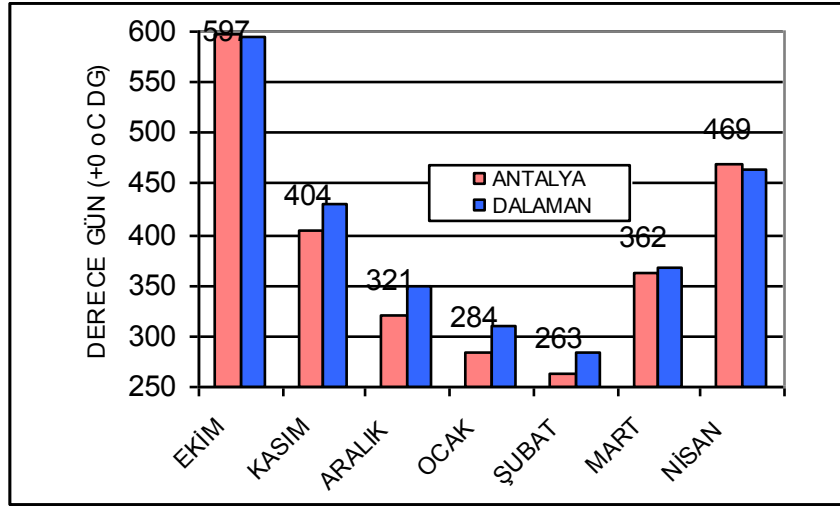
Güneş radyasyonunun az olduğu Aralık, Ocak ve Şubat aylarında toplam güneşlenme süresi ise minimum 500-550 saat arasında bulunmalıdır. Bu süre boyunca günlük güneş radyasyonu toplamı, 2300 Wh/m²d olmalıdır. Bitki yetiştiriciliğinde limit değer 1000 Wh/m²d dir. Bu değer in altında yapay ısıtlandırma gerekli olmaktadır.

Toprak sıcaklığı ise, en az 15 °C olmalıdır.

Yine üretim için oransal nemin %70-90 arasında ve yüksek nemin kontrol edilebilir olması büyük önem taşımaktadır.

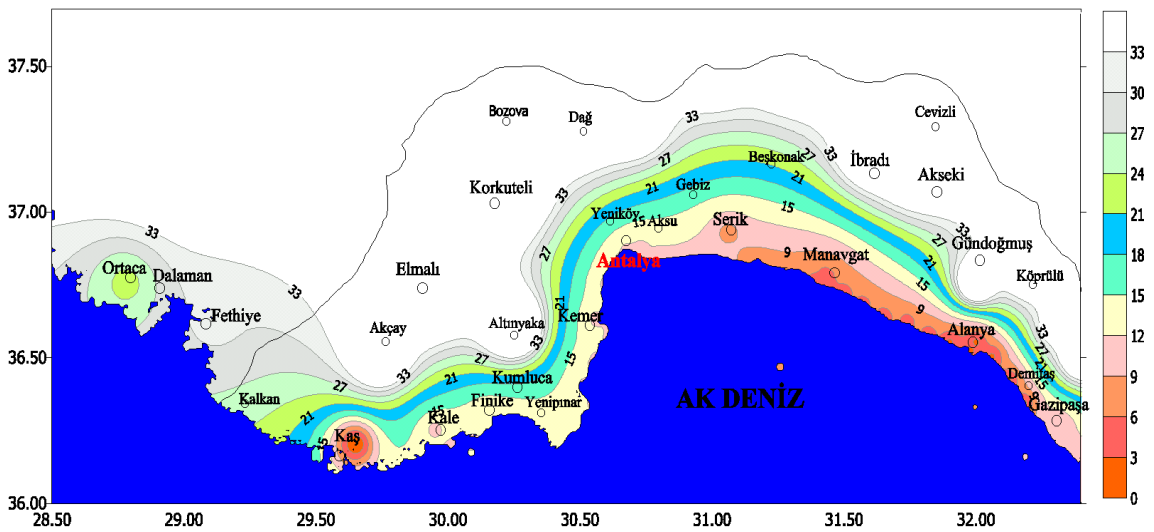
3. BATI AKDENİZ İKLİM DEĞERLERİNİN İNCELENMESİ

Bütün bu değerler açısından bakılınca elimizdeki mevcut iklim verilerine göre, kasım-mart döneminde Örneğin Antalya 0 °C baz sıcaklıkta derece-gün (DG) değeri en az şubat ayında 28 gün boyunca 263 iken, bu değer Dalaman da şubat ayında yine 28 gün boyunca 283 dür. DG (derece-gün) değerleri kasım ve mart döneminde sırasıyla 429, 348, 309, 283, 368 olmaktadır (Şekil 1).



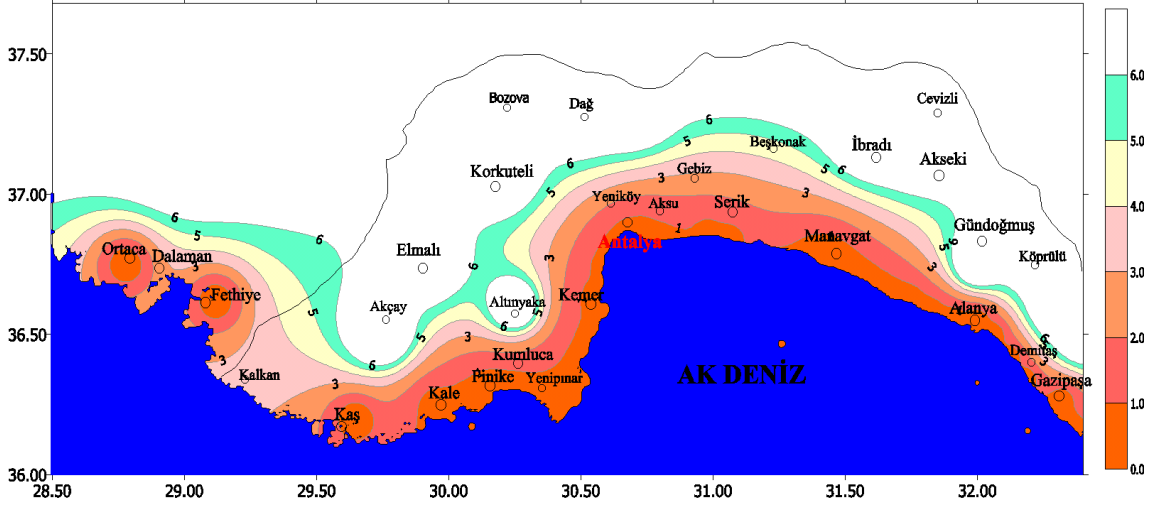
Şekil 1. 0 °C baz sıcaklıkta derece- gün (DG) değerleri

Sera işletmelerinin yaygınlık gösterdiği alanlarda yıllık ortalama donlu gün sayısı 12 günü geçmemekle birlikte bölgenin batısında daha uzun süreli donlu günler yaşanmaktadır (Şekil 2).



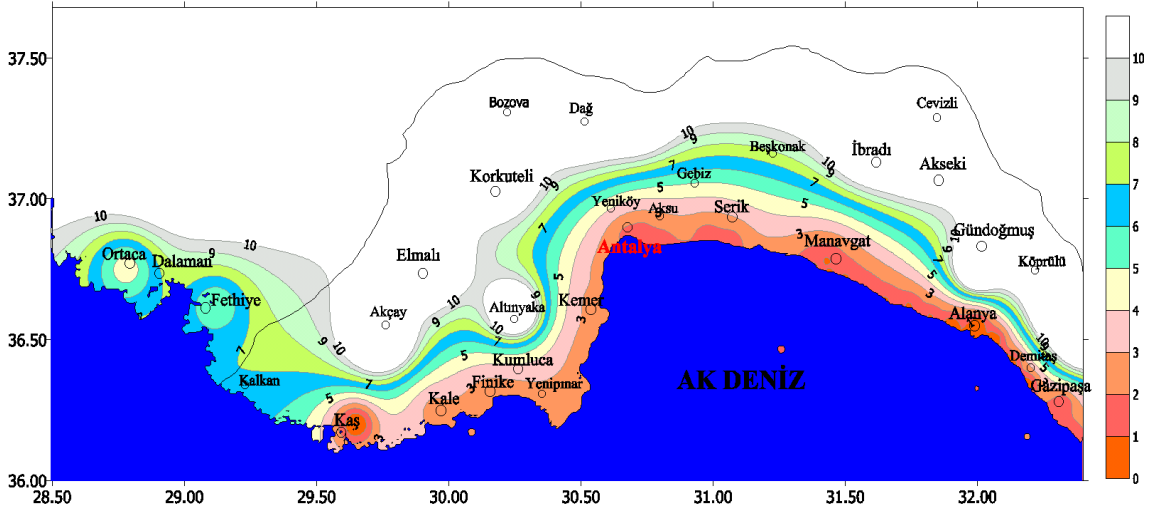
Şekil 2. Yıllık ortalama donlu gün dağılımı

İlk donların görüldüğü Kasım ayında donlu gün dağılımı ise, *Şekil 3* de verilmiştir. Bu dönem bölgede sadece bir gün ile sınırlı bulunmaktadır.



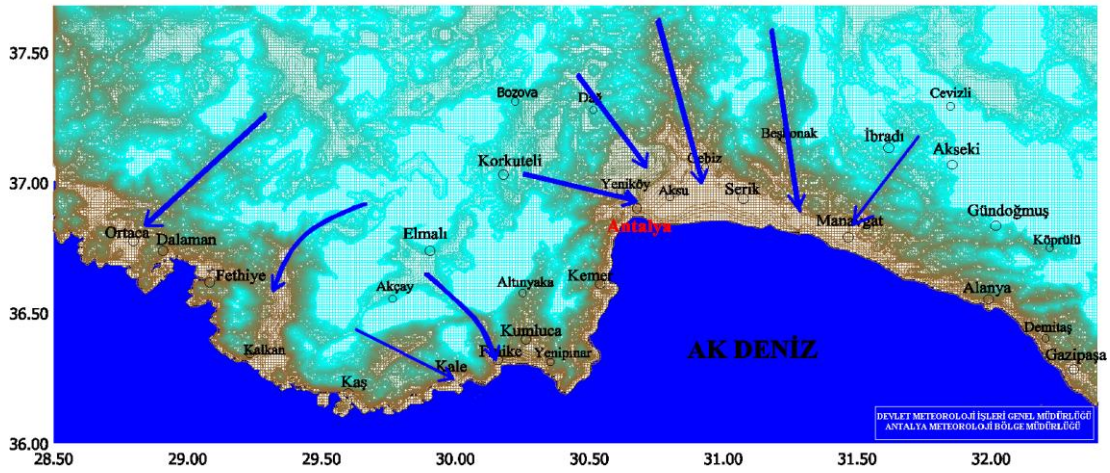
Şekil 3. Kasım ayı ortalama donlu gün dağılımı

Son donların görüldüğü Mart ayında donlu gün dağılımı ise, *Şekil 4* de verilmiştir. Bu dönem bölgede sadece üç gün ile sınırlı bulunmakla beraber bölgenin batısında yine daha uzun günler don tehlikesi yaşanmaktadır.



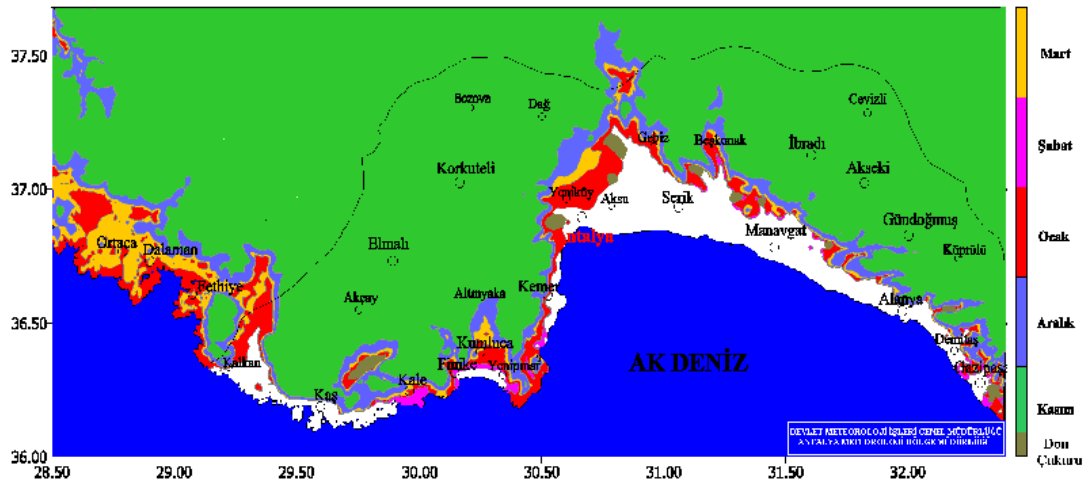
Şekil 4. Mart ayı ortalama donlu gün dağılımı

Kış aylarında donlu günler ve buna bağlı hakim hava hareketi ise *Şekil 5* de verilmiştir.



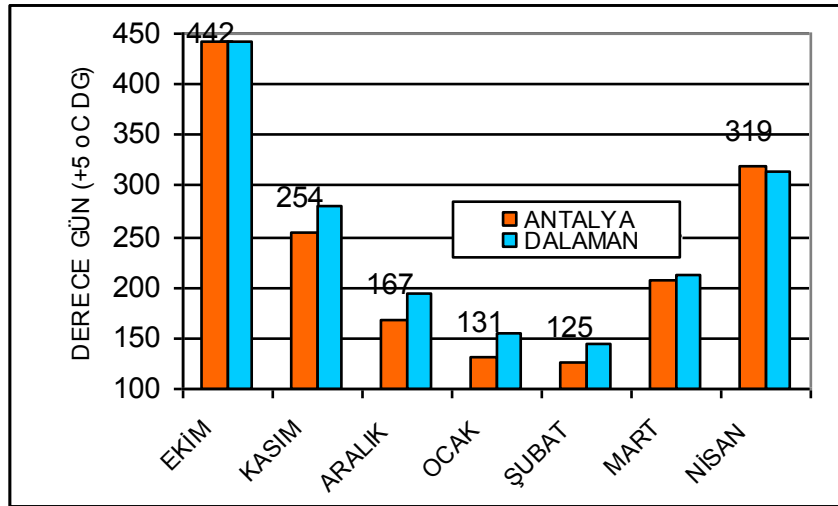
Şekil 5. Soğuk hava akış koridorları

Şekil 6 da ise aylara göre don açısından risk taşıyan bölgeler görülmektedir.



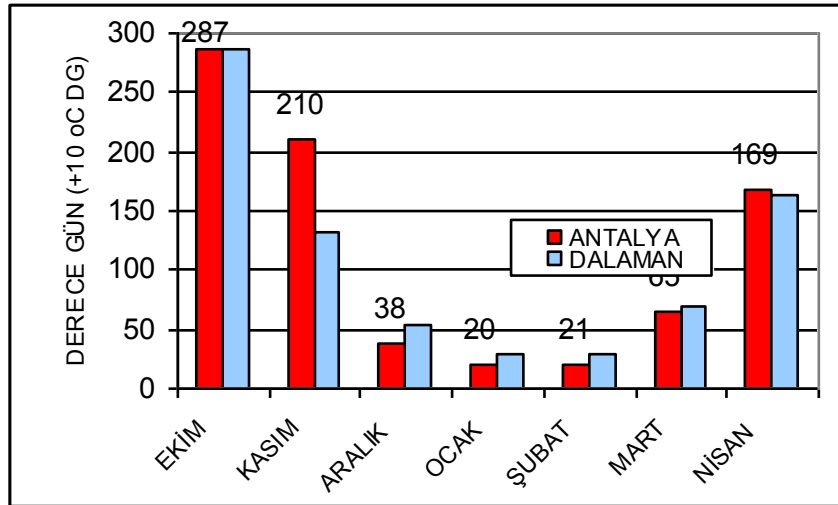
Şekil 6. Aylara göre don açısından riskli olan bölgeler

Antalya 5 °C baz sıcaklıkta derece-gün (DG) değeri ise en az şubat ayında 25 gün boyunca 125 iken, bu değer Dalaman verilerinde yine şubat ayında 27 gün boyunca 144 dir. DG (derece-gün) değerleri kasım ve mart döneminde sırasıyla 279, 193, 155, 144, 213 olmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. 5 °C baz sıcaklıkta derece- gün (DG) değerleri

Antalya 10 °C baz sıcaklıkta derece-gün (DG) değeri ise en az ocak ayında 13 gün boyunca 20 iken, bu değer Dalaman verilerinde şubat ayında 16 gün boyunca 29 dur. DG (derece-gün) değerleri kasım ve mart döneminde sırasıyla 131, 54, 29, 27, 69 olmaktadır (Şekil 8).



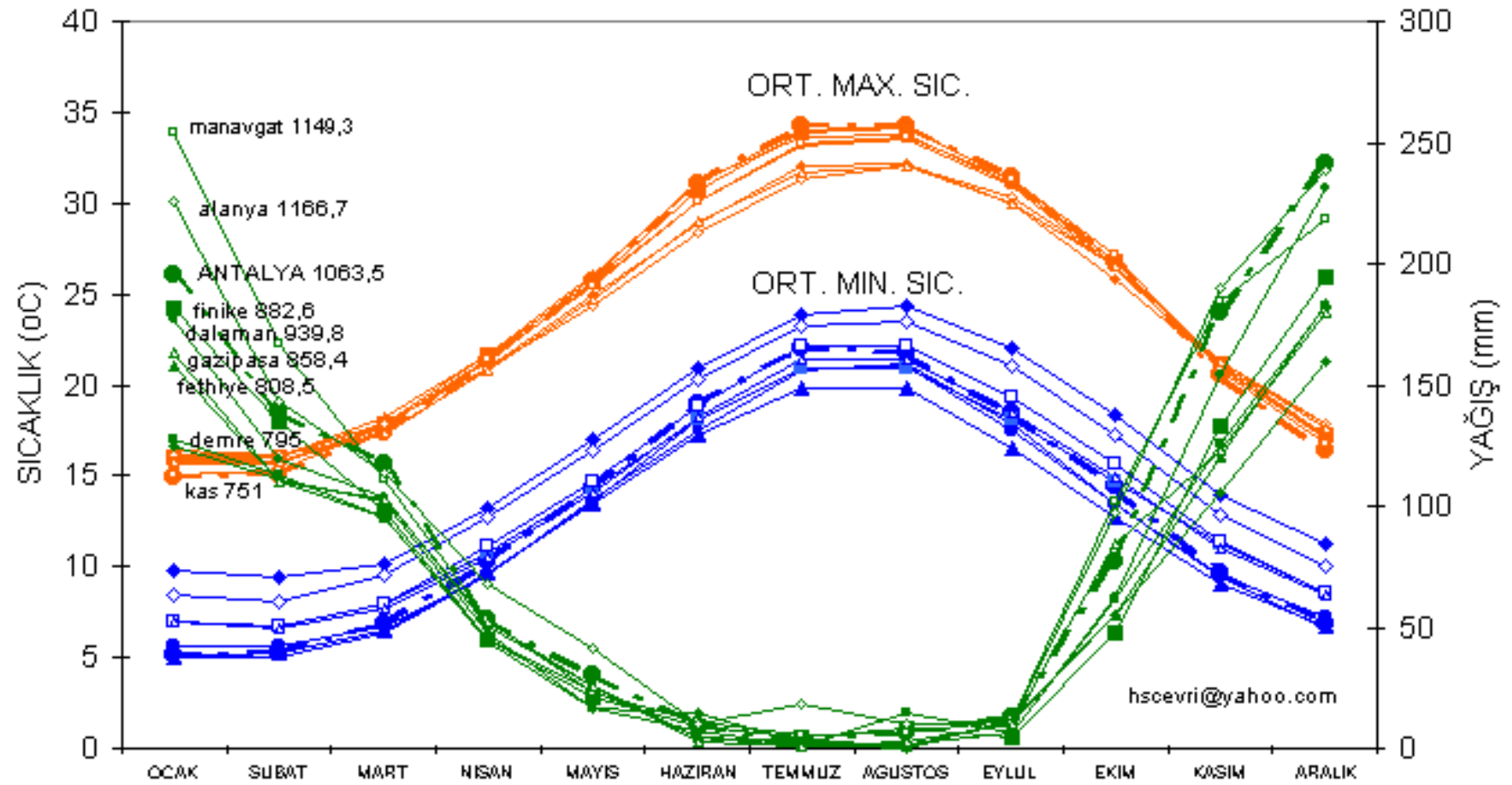
Şekil 8. 10 °C baz sıcaklıkta derece- gün (DG) değerleri

Farklı iklim koşullarına bağlı olarak, tesisi yapılacak olan seralar için, farklı tasarım kriterlerinin göz önünde bulundurulması önem taşımaktadır. Şekil 9' da ortalama günlük maximum ve minimum sıcaklık ve ortalama aylık yağış değerleri tüm bölge için verilmiştir.

Bu değerlere göre bölgede özellikle yazın az yağışın olduğu görülmektedir. Ortalama değerlere göre yıllık yağış ANTALYA da 1063,5 mm iken Antalya'nın batısında bulunan istasyonların ortalaması 835,4 mm,

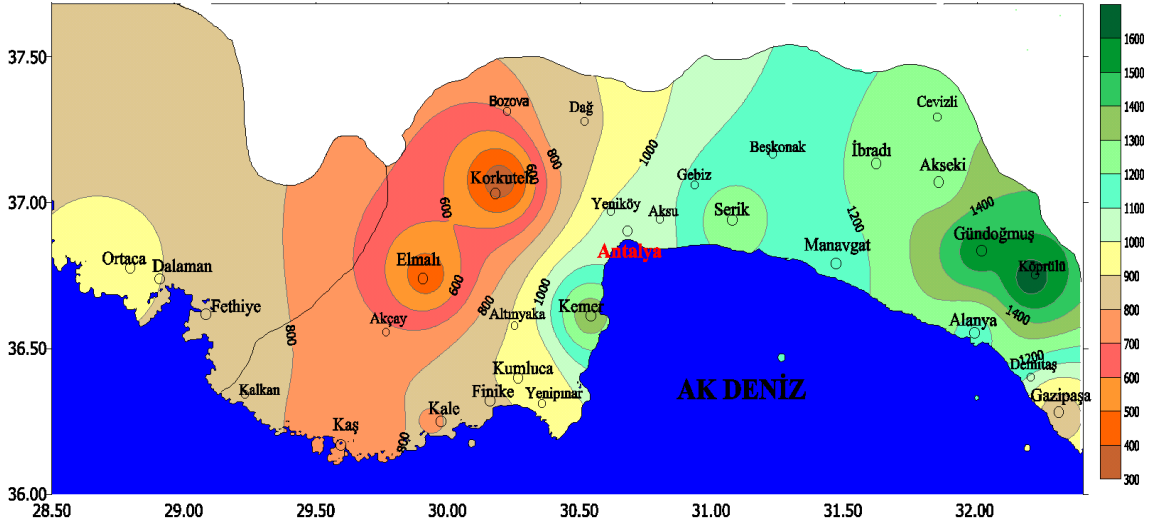
doğudaki istasyonların ortalaması ise 1058,1 mm dir. Bu nedenle bölgede çok çatılı sera yapılarında ara yağmur olukları yanında kenar oluklarının da bulunması önemlidir. Ayrıca sulama suyunun problem olduğu bölgelerde özellikle sulama amaçlı yağmur sularının da biriktirilmesi bu oluklar sayesinde mümkün olabilecektir. Kurak geçen yaz aylarında ortalama günlük maximum sıcaklıklar tüm bölgede yüksek bulunmakla birlikte Gazipaşa, Alanya ve Kaş ta küçük değerlerde de olsa düşük kalmaktadır. Bununla birlikte bölgede tesisi yapılan seralarda ilkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerinde yüksek oranda havalandırma etkinliğinin olması gerekmektedir.

Kış aylarında 5-10 °C arasında bulunan ortalama günlük minimum sıcaklıklar ortalaması açısından, bölge içerisindeki fark açık olarak görülmektedir. Buna göre Kaş (9,4 °C), Alanya (8,1 °C), Gazipaşa (6,6 °C) ve Manavgat (6,7 °C) *değerleri ile en avantajlı bölgeler olmaktadır.*



Şekil 9. Ortalama günlük maximum ve minimum sıcaklıklar ve ortalama aylık yağış miktarları.

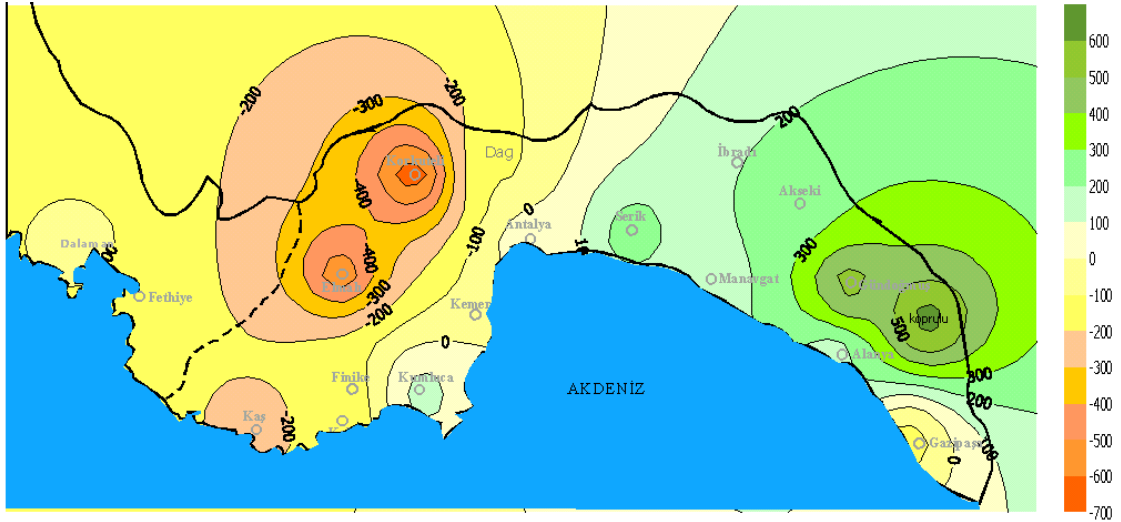
Bölgenin yıllık ortalama toplam yağış dağılımları, bilgisayar ortamına aktarılmış topografik yapısını gösterir datalar kullanılarak Şekil 10' da verilmiştir.



Şekil 10. Yıllık ortalama toplam yağış (mm/m^2)

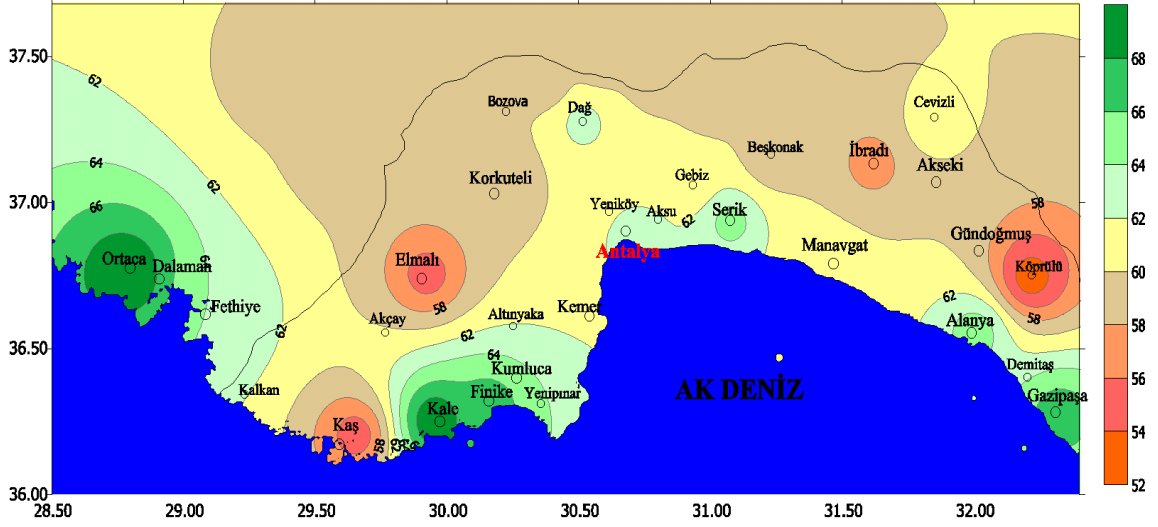
Şekilden de açık olarak görüldüğü gibi bölgenin batısı daha az yağış almaktadır.

Bölgedeki ortalama yağıştan sapma miktarları ise, Şekil 11' de verilmiştir.



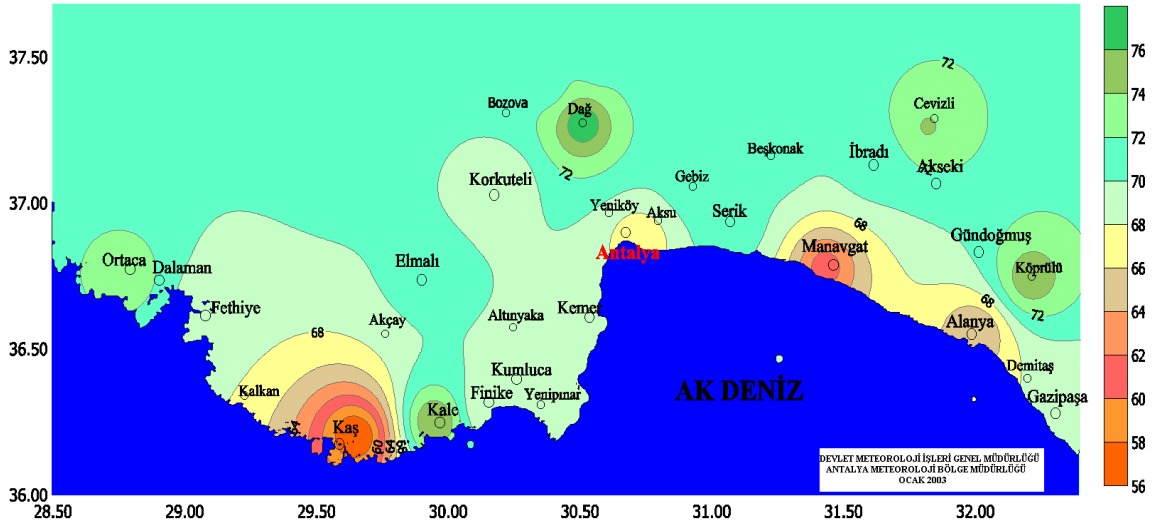
Şekil 11. Bölge ortalama yağışından olan sapma (bölge ortalaması 1006,3 mm)

Bölgede nisbi nem dağılımı ise Şekil 12’ de görülmektedir.



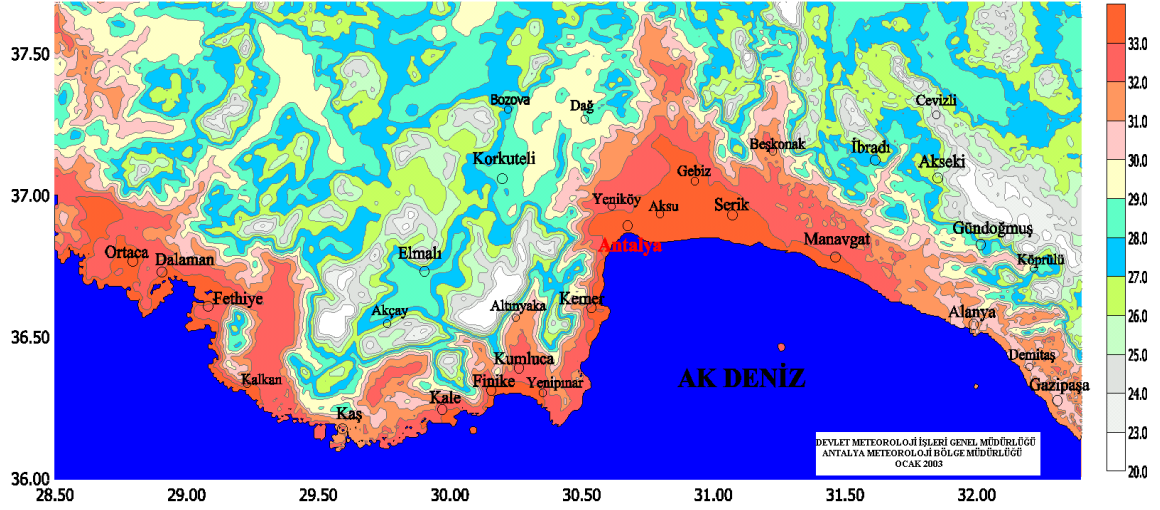
Şekil 12. Yıllık ortalama nisbi nem dağılımı (%)

Ocak ayında % 66-70 oranında nisbi nemin bulunduğu bölge genelinden farklı olarak, kurumsal işletmelerin bulunduğu Serik bölgesinde en az % 2 oranında daha yüksek nisbi nemin olduğu Şekil 13’ de izlenebilir.

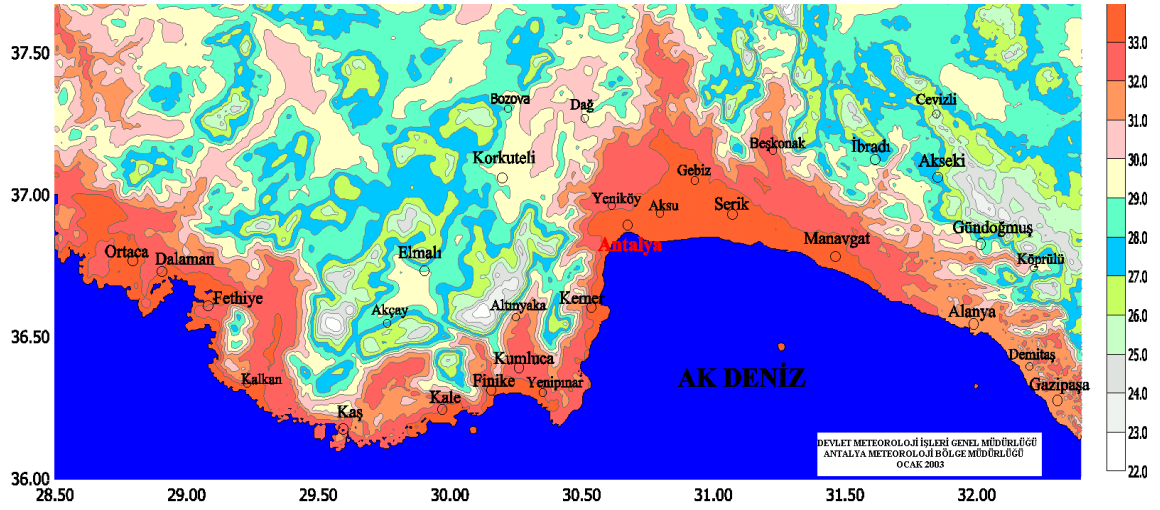


Şekil 13. Ocak ayı ortalama nisbi nem dağılımı (%)

Bölgede, genellikle sera sebze üretiminin durduğu temmuz ayında ve kısmen başladığı ağustos ayındaki maximum sıcaklıkların dağılımı ise, Şekil 13 ve 14 de verilmiştir.

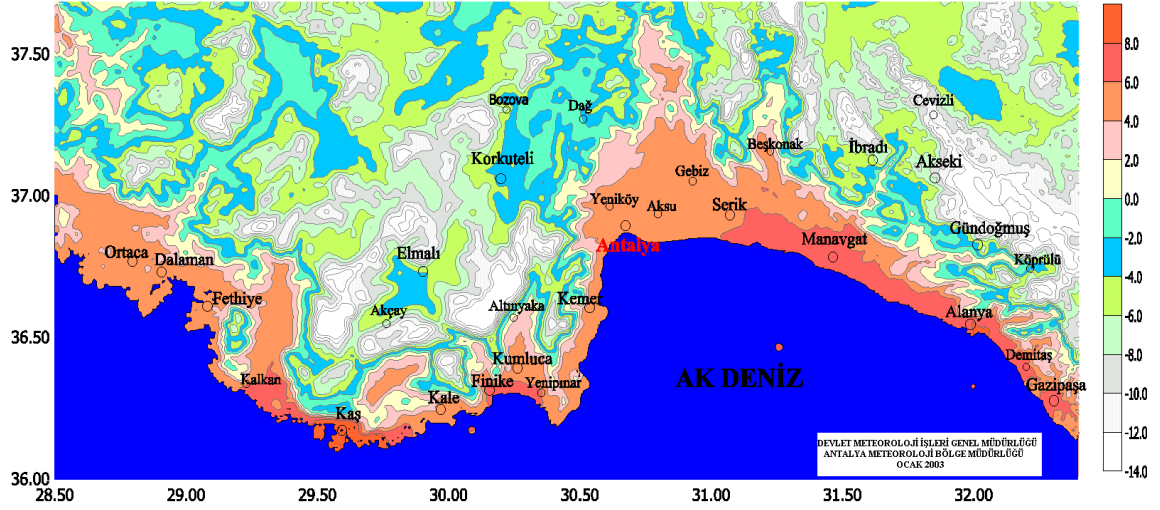


Şekil 13. Temmuz ayı ortalama maximum sıcaklıklar dağılımı

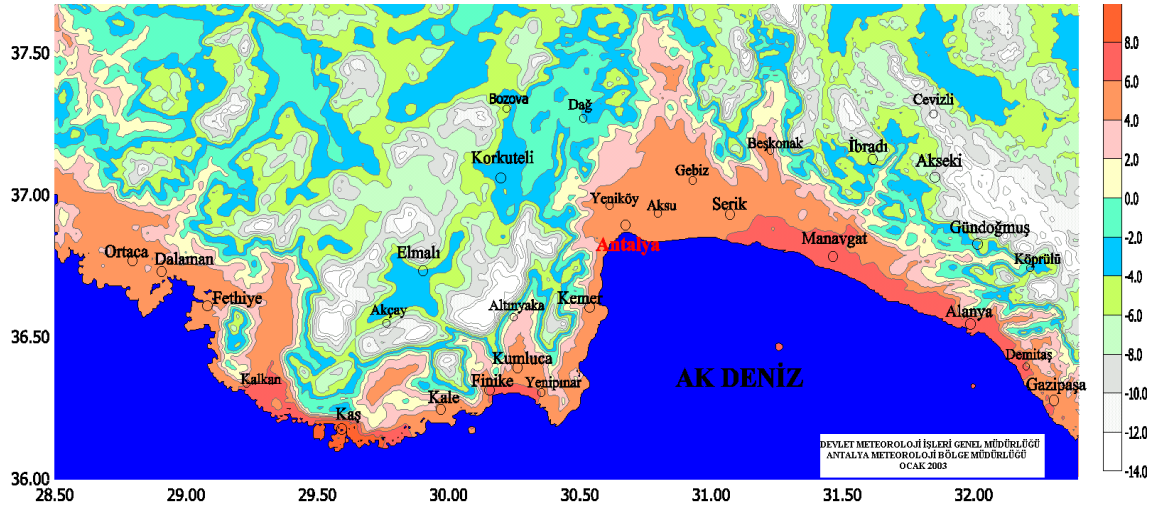


Şekil 14. Ağustos ayı ortalama maximum sıcaklıklar dağılımı

Minimum sıcaklıklar ortalamasının en kritik olduğu ocak ve şubat aylarındaki topografik yapıya bağlı dağılımlar ise, Şekil 15 ve 16 da görülebilir.



Şekil 15. Ocak ayı ortalama minimum sıcaklıklar dağılımı



Şekil 16. Şubat ayı ortalama minimum sıcaklıklar dağılımı

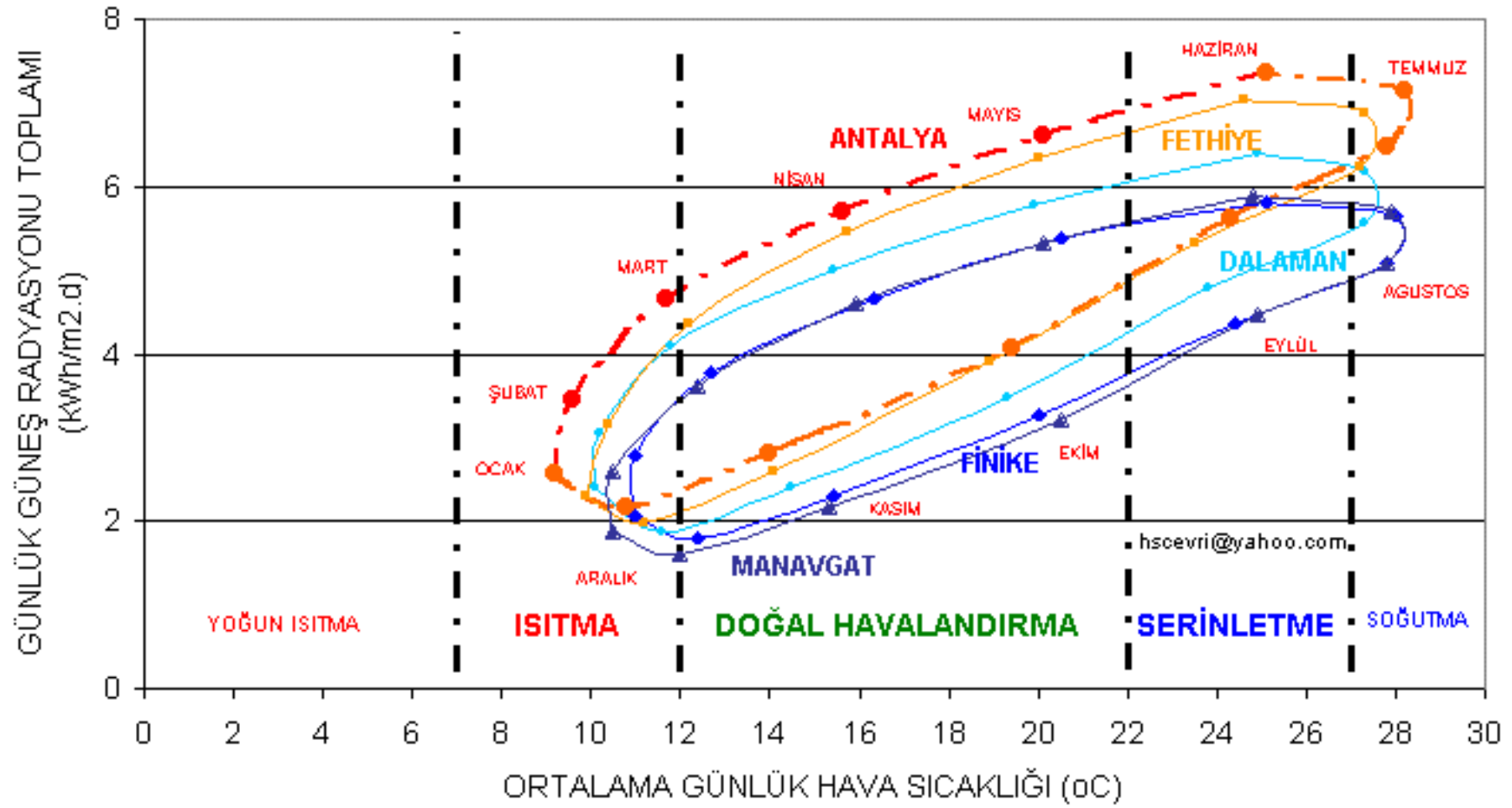
Bölgede ortalama sıcaklık ve toplam güneş radyasyon değerleri baz alınarak yapılan inceleme, Şekil 17 de verilmiştir. Halihazırda bölgede **kış aylarında günlük ortalama sıcaklığın 7 °C' nin üzerinde gerçekleşmesi nedeniyle** üreticiler, büyük oranda basit yapılar altında soğuk seracılık yapabilmektedirler.

Öte yandan bölgede yetiştiricilik için olması gereken günlük minimum Toplam Güneş Radyasyonu değeri ($2,3 \text{ kWh/m}^2.\text{d}$) Aralık ve Ocak döneminde kısmen düşük kalmaktadır. Örneğin aralık ayında Antalya ($2,15 \text{ kWh/m}^2.\text{d}$), Dalaman ($1,87 \text{ kWh/m}^2.\text{d}$), Fethiye ($1,97 \text{ kWh/m}^2.\text{d}$), Finike ($1,79 \text{ kWh/m}^2.\text{d}$), ve Manavgat ($1,61 \text{ kWh/m}^2.\text{d}$). Ocak ayında ise bu durum sadece, Finike ($2,05 \text{ kWh/m}^2.\text{d}$) ve Manavgat ($1,86 \text{ kWh/m}^2.\text{d}$) ta devam etmektedir.

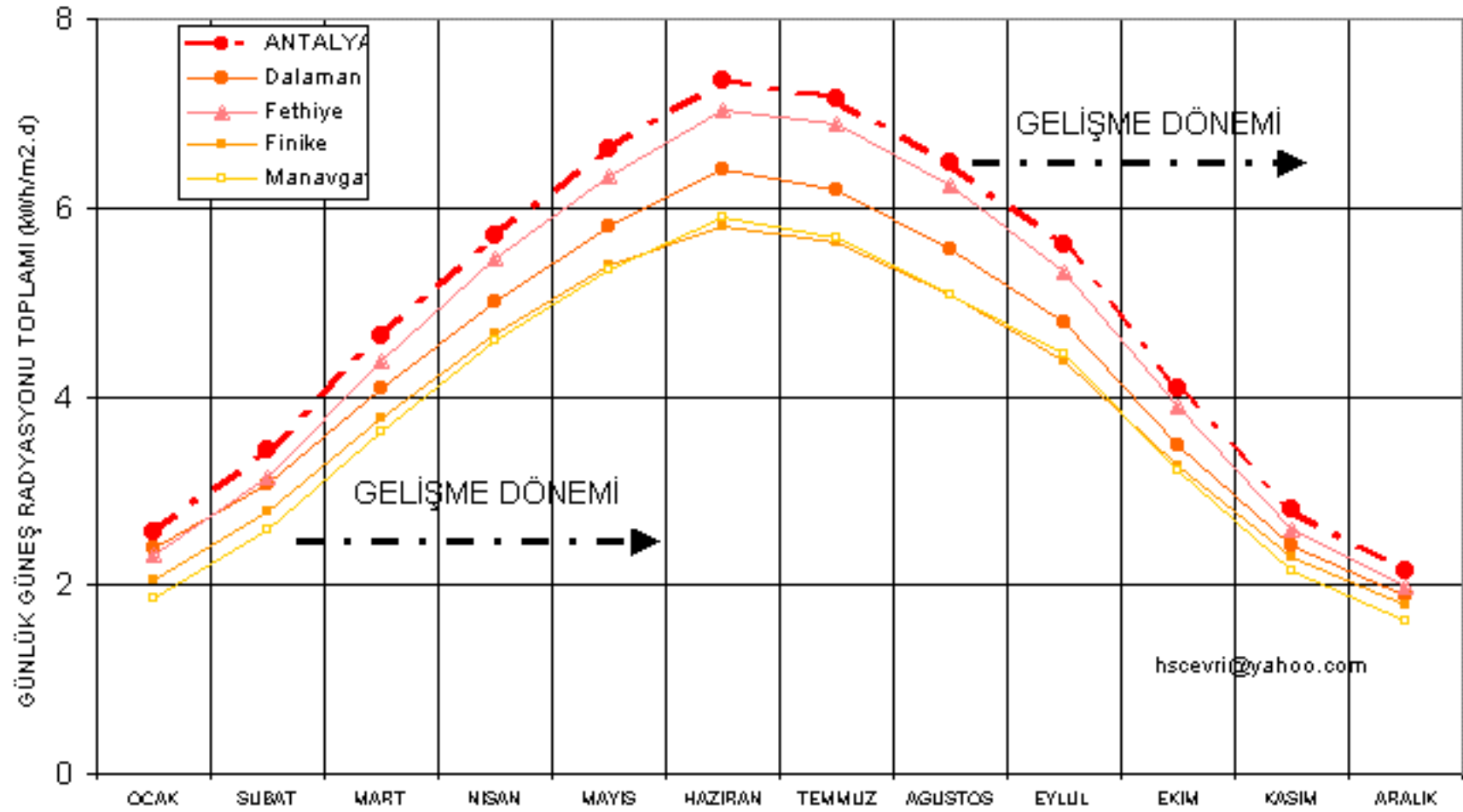
Isıtmaya dayalı (12°C) bir seracılık faaliyeti için ise aralık ve kısmen şubat ayı sunu olmak üzere mart ayı ilk yarısında ısıtma uygulaması zorunlu olmaktadır.

Yazın ise, Finike ve Manavgat ta başta Antalya olmak üzere Fethiye ve Dalaman a göre daha düşük oranda güneş radyasyonu alınmakla birlikte, tüm bölgede, mayıs ayının ikinci yarısından itibaren eylül ayının ikinci yarısına kadar yüksek oranda ortalama sıcaklıklar yaşanmaktadır. Bu dönem boyunca serinletme ve kısmen soğutma uygulamaları olmaksızın üretim yapmak mümkün olamamaktadır.

Ayrıca tesisi yapılacak olan seraların, üretim dönemine ve üretim başlangıcına bağlı olarak farklı ve zorunlu tasarım özellikleri taşıması gerekmektedir *Şekil 18*. Toplam güneş radyasyonu özellikle kış aylarında bölge için düşük değerlerde kalmakla beraber, **ihracata bağlı kış dönemi yetiştiriciliği** bölge için hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle yıl boyu üretimin esas olacağı, serada verimli ve kaliteli üretim için fide dikimi başlangıcının mümkün olduğunca ağustos ayına alınabilmesi önemlidir. Bölge için bu dönemde yapılan üretimde, bitkilerin gelişmelerini üretim döneminin ortasına kadar gün ve gün azalan güneş radyasyonu altında gerçekleştirmesi, belli başlı handikapı oluşturmaktadır.



Şekil 17. Günlük toplam güneş radyasyonu ve sıcaklık ortalamaları



Şekil 18. Ortalama günlük güneş radyasyonu toplamaları.

Tüm yetiştirme dönemi boyunca (ağustos-haziran) günlük ortalama Toplam Güneş Radyasyonu değerleri sırasıyla Antalya da ($4,68 \text{ kWh/m}^2 \text{ d}$), Fethiye de ($4,43 \text{ kWh/m}^2 \text{ d}$), Dalaman da ($4,08 \text{ kWh/m}^2 \text{ d}$), Finike de ($3,75 \text{ kWh/m}^2 \text{ d}$) ve Manavgat ta ($3,67 \text{ kWh/m}^2 \text{ d}$) olmaktadır.

Yetiştirme dönemleri boyunca tüm bölge için ortalama günlük toplam güneş radyasyon değerleri ise *Tablo 1* de ayrıca verilmiştir.

Tablo 1. Yetiştirme Dönemleri Ortalama Günlük Toplam Güneş Radyasyonu Değerleri

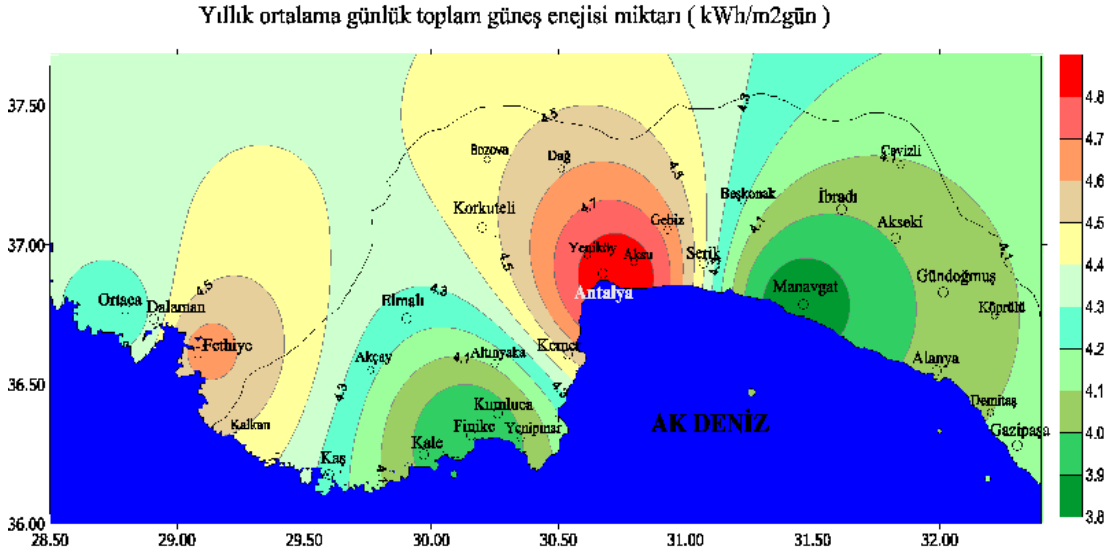
	$\text{kWh/m}^2.\text{d}$					
	TEK MAHSUL	SONBAHAR	GEÇ SONBAHAR	ERKEN İLKBAHAR	İLKBAHAR	YAZ
	AGUSTO S-HAZİRAN	AĞUSTO S-ARALIK	EKİM-ŞUBAT	ARALIK-HAZİRAN	ŞUBAT-HAZİRAN	HAZİRAN-EKİM
ANTALYA	4,68	4,23	3,01	4,64	5,55	6,14
DALAMAN	4,08	3,63	2,65	4,09	4,87	5,28
FETHİYE	4,43	4,01	2,78	4,38	5,27	5,88
FİNİKE	3,75	3,36	2,44	3,75	4,48	4,83
MANAVGAT	3,67	3,30	2,29	3,64	4,41	4,87
ORTALAMA	4,12	3,70	2,63	4,10	4,92	5,40

Buna göre, yetiştirme dönemleri arasında bölgede güneş radyasyonu olarak en düşük dönem **geç sonbahar** ($2,63 \text{ kWh/m}^2.\text{d}$) olmakta, bu dönemi % 40,7 artışla **sonbahar** dönemi, % 55,9 artışla **erken ilk bahar** dönemi, % 56,6 artışla **kış** (tek mahsul dönemi), ve % 87,1 artışla **ilkbahar** dönemi takip etmektedir.

Bölgede yapılan **yaz** yetiştiriciliği için ise, bu kez yüksek radyasyon sorun oluşturmakta ve bu dönem (HAZİRAN-EKİM) bölgede ortalama ($5,40 \text{ kWh/m}^2.\text{d}$) günlük güneş radyasyonu gerçekleşmektedir. Bu dönem, bu değer haziran ayında bölgede ($6,50 \text{ kWh/m}^2.\text{d}$) ulaşmakta, en yüksek değer ise, Antalya da yine haziran ayında ($7,36 \text{ kWh/m}^2.\text{d}$) olmaktadır.

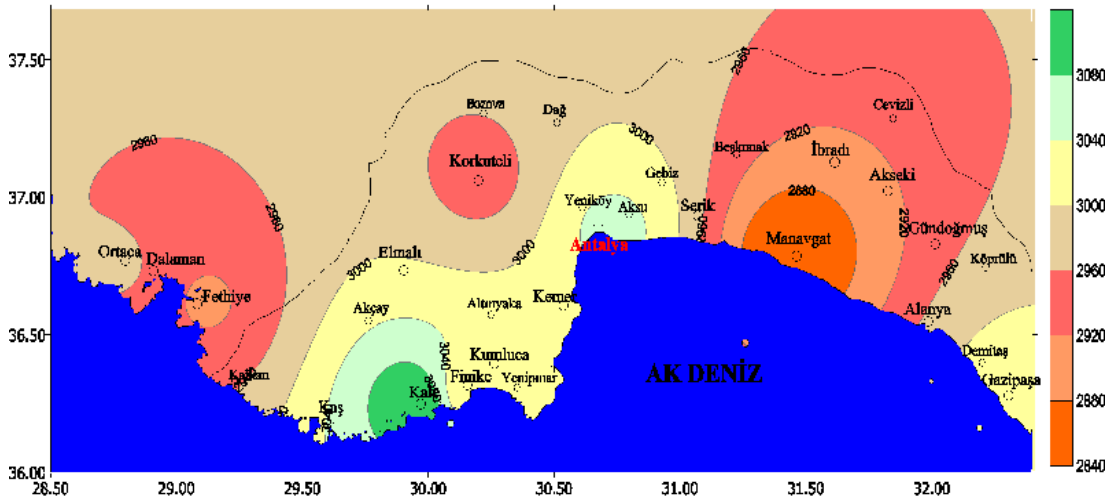
Bilindiği gibi bölgede uygulanan erken ilkbahar yetiştiricilik dönemi daha çok ısıtmanın da pahalı olduğu sektör için, alınan passif ısıtma önlemleri ile, daha çok bir geçiş dönemi olarak ortaya konmuş ve özellikle ihracat ağırlıklı bir dönem olarak yaygınlık kazanmıştır.

Şekil 19' da ise bu kez kWh/m².d olarak bölgede yıllık toplam güneş radyasyonu dağılımı görülmektedir.



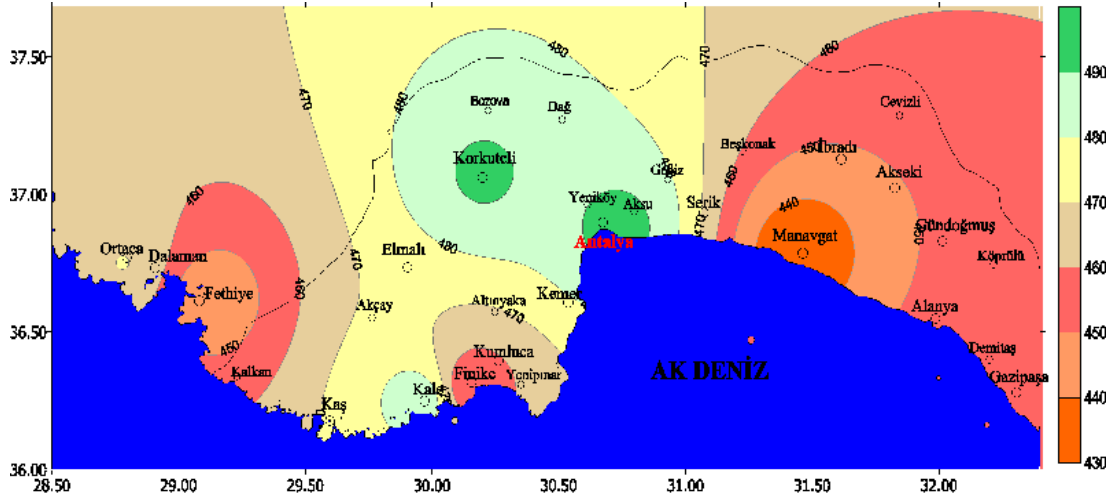
Şekil 19. Yıllık ortalama günlük toplam güneş enerjisi miktarı

Yıllık toplam güneşlenme süresi Şekil 20 de verilmiştir.



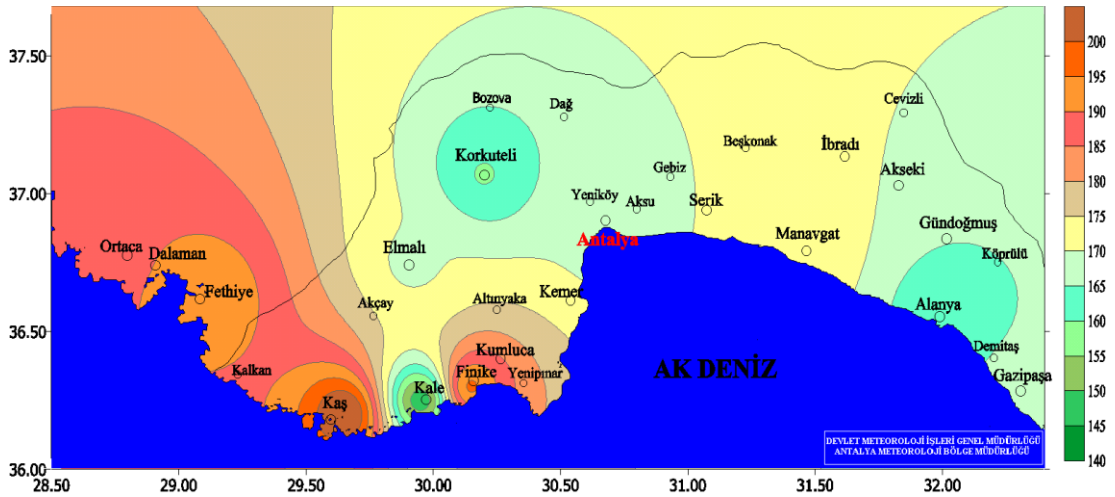
Şekil 20. Yıllık toplam güneşlenme süresi (h)

Bölgede aralık, ocak ve şubat ayları toplam güneşlenme süresi ise yine saat olarak Şekil 21 de verilmiştir.



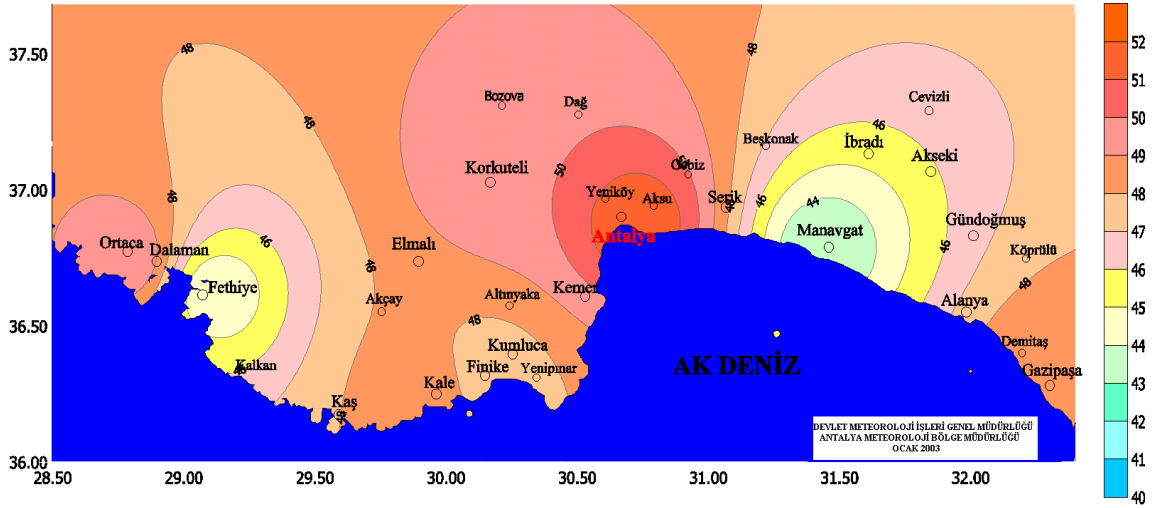
Şekil 20. Aralık, Ocak ve Şubat ayları toplam güneşlenme süresi

Bölgede yıllık ortalama açık gün sayısı Şekil 21 de verilmiştir.



Şekil 21. Yıllık ortalama açık gün sayısı

Bölgede en düşük güneş radyasyonun alındığı aralık ($1,88 \text{ kWh/m}^2.\text{d}$) ayında ise ortalama güneşlenme süresinin mümkün olan güneşlenme süresine oranı Şekil 22 de görülmektedir.



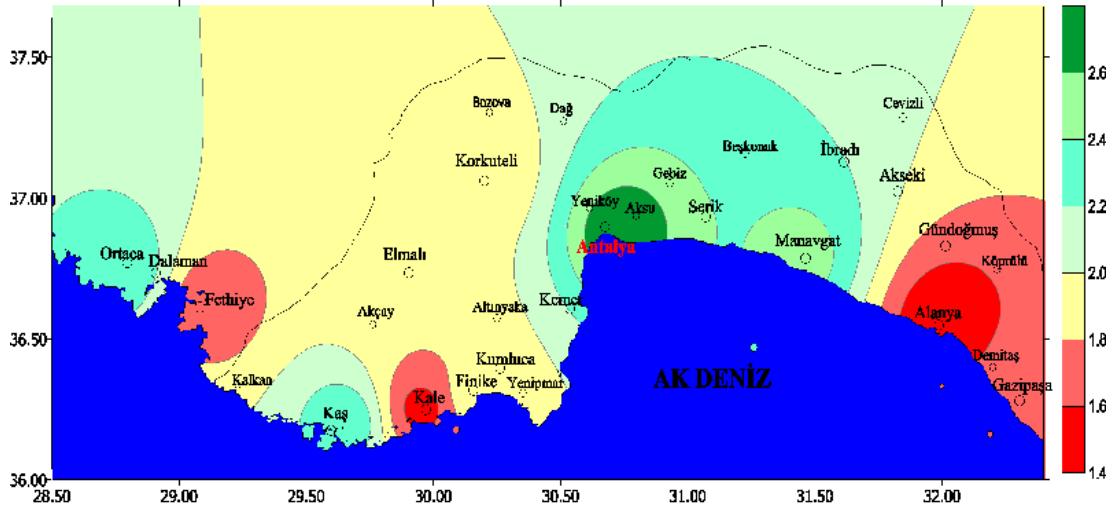
Şekil 22. Aralık ayı ortalama güneşlenme süresinin mümkün olan güneşlenme süresine oranı (%)

4. İKLİM ELEMANLARININ SERA TASARIMI ÜZERİNE ETKİSİ

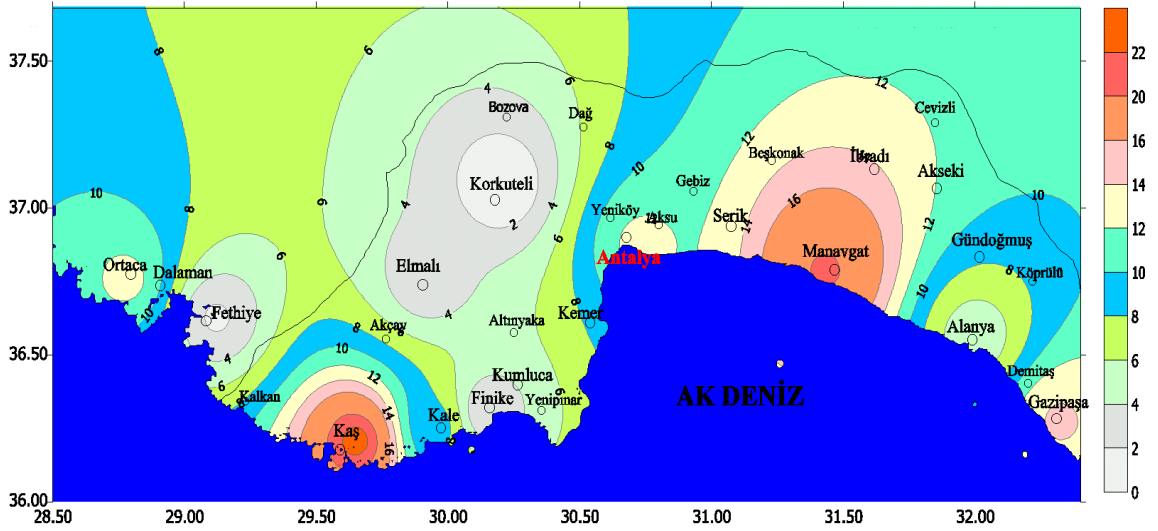
Seralar, ürünleri **extrem sıcaklıklar** yanında; **rüzgar**, **yağmur**, **dolu** ve **kar** yağışından korumak amacı ile tesis edilirler. Önemli iklim faktörleri (**sıcaklık**, **toplam güneş radyasyonu**, **yağış** ve **rüzgar yoğunluğu**) yapı tasarımını ve sera içi iklimini etkiler.

İklim faktörleri ve genellikle bu faktörlerin etkilerin **negatif kombinasyonları** seraların statüğü ve fonksiyonları üzerinde etkilidir. Örneğin rüzgar, sera örtüsü üzerinde farklı basınç oluşturur ve bunun sonucu çerçeve ve temeller üzerine **benzer/farklı** gerilimlere neden olur. Bunun sonucu genelliklede ekstrem rüzgar hızları zararlanmalara sebep olur. Diğer taraftan, uygun rüzgar hızları seralar içerisinde optimal koşulları sağlamak açısından tabii havalandırmayı olumlu yönde desteklemektedir.

Bölgede yıllık ortalama rüzgar hızı Şekil 23 de, fırtınalı gün sayısı ise Şekil 24 de verilmiştir. Tablo 2 de ise, yine bölgede kaydedilen en yüksek rüzgar hızları ve bunların yönü ile yaptığı basınç değerleri verilmiştir.



Şekil 23. Yıllık ortalama rüzgar hızı (m/s)



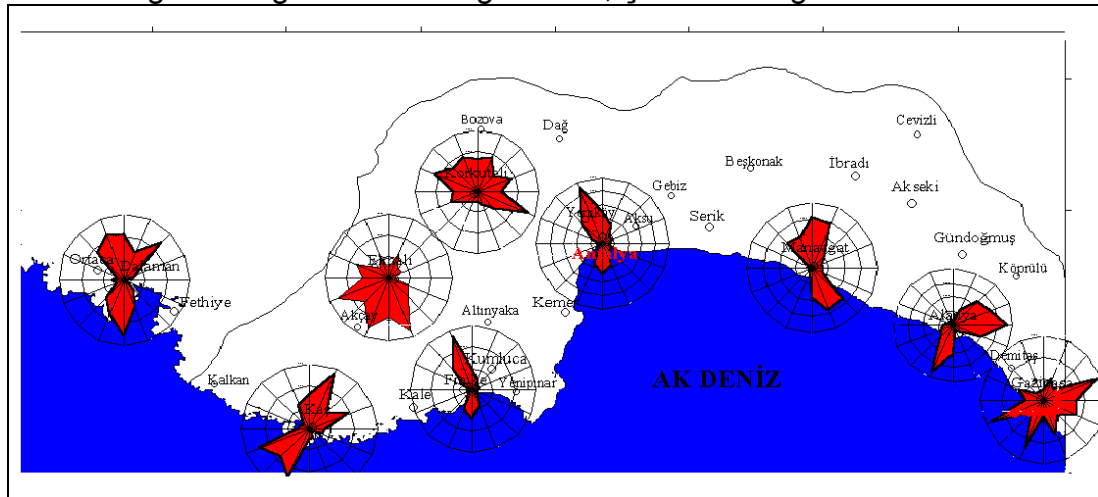
Şekil 24. Yıllık ortalama fırtınalı gün sayısı

Tablo-xx Kaydedilen en kuvvetli rüzgar ve yaptığı basınç

	yönü	m/sn	km/saat	Kg /m2
ANTALYA	SSE	43,2	155,5	123,66
ALANYA	SSW	28,4	102,2	53,44
FİNİKE	W	24,1	86,8	38,48
KAŞ	NNE	27,9	100,4	51,58
KORKUTELİ	WNW	17	61,2	19,15
MANAVGAT	SE	30,6	110,2	62,04
GAZİPAŞA	WSW	30,8	110,9	62,86
KALE	SE	30,2	108,7	60,43
DALAMAN	S	33,6	121,0	74,80
FETHİYE	SSE	24,8	89,3	40,75
ELMALI	NNW	28,3	101,9	53,07

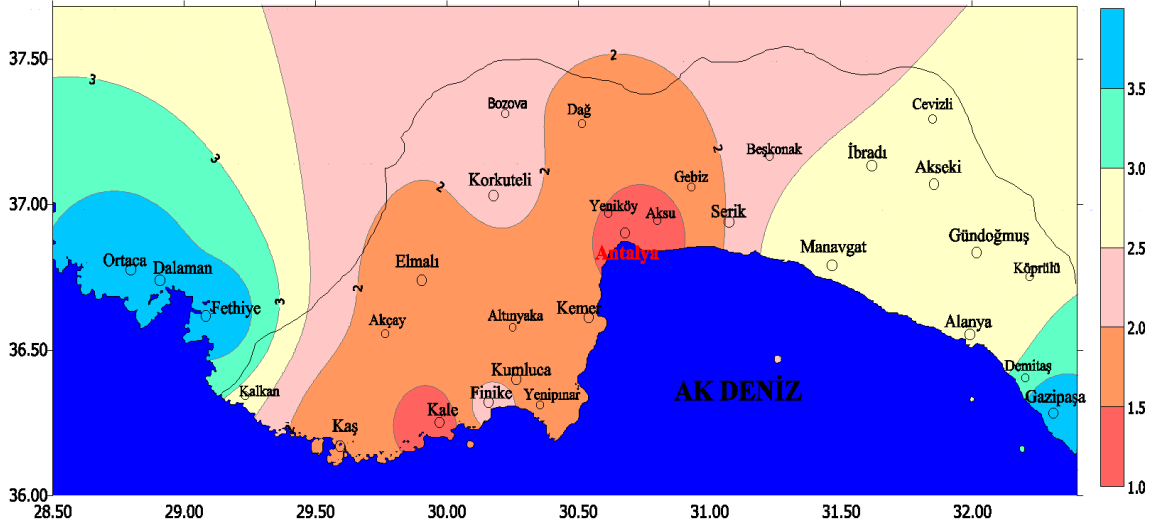
Buna göre en yüksek rüzgar hızı Antalya da SSE yönünden gerçekleşmiştir.

Bölgede rüzgar frekans dağılımı ise, *Şekil 25* de görülmektedir.



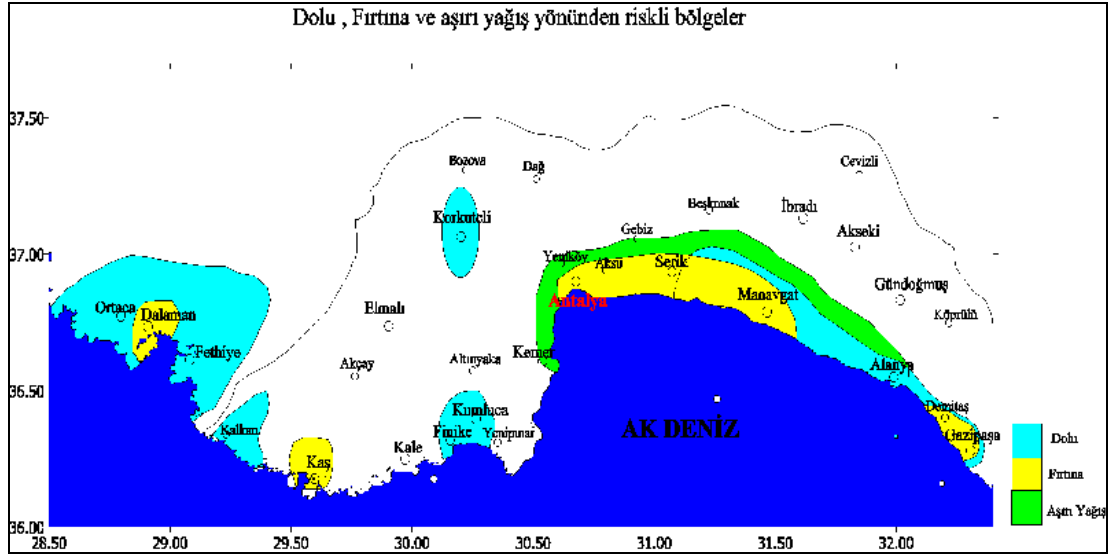
Şekil 25. Rüzgar frekans dağılım haritası

Dolu, yaygın olarak bilindiği gibi sera örtüsü üzerinde zararlanmalara neden olur. Bölgede yıllık ortalama dolulu gün sayısı **Şekil 26** da verilmiştir.



Şekil 26. Yıllık ortalama dolulu gün sayısı

Bölgede dolu, fırtına ve aşırı yağış yönünden riskli bölgeler ise Şekil 27 de görülmektedir.



Şekil 27. Dolu, Fırtına ve Aşırı Yağış yönünden riskli bölgeler

İklimin yanında yapı tasarım yük karakteristikleri ve kullanılan malzemeler topluca seraların genel tasarım kriterlerini ortaya koyar. Bölgede ılıman kış ve sıcak yaz ile karakterize edilen Akdeniz İklimi hakimdir. Akdeniz ikliminde seraların ana problemleri ise, aşağıda özetlenmiştir. Bunlar:

- (1) kış geceleri sınırlı olsa biyolojik optimum sıcaklıkların aşağıya düşmesi, bu nedenle 1-3 ay ısıtma gerektirir,
- (2) ilkbahar ve yazın gün içerisinde yüksek sıcaklık zararlanmaları,
- (3) geceleri gerçekleşen yüksek hava rutubeti,
- (4) kış aylarındaki düşük güneş radyasyonu,

- (5) önemli rüzgar yükleri, ve bazen beklenmeyen kar yükleri ve fırtına ve
- (6) yetersiz su kaynağı ve düşük su kalitesi.

Bu nedenle Akdeniz ikliminde seralar aşağıdaki karakteristikleri göstermelidir: Bunlar:

- (1) yüksek toplam ışık geçirgenliği,
- (2) özellikle ısıtılmayan seralarda iyi ısı izolasyonu,
- (3) geceleri minimum sıcaklığı yükseltmek için gerekli olan ısıtma ekipmanı,
- (4) etkili havalandırma ve kontrol sistemi,
- (5) rüzgar yüklerine karşı yüksek stabilite ve bazı bölgeler için kar yüklerine dayanım,
- (6) yağmur sularının sulama amaçlı depolanabilmesi için oluk ve tanklar,
- (7) mümkün olduğu kadar yüksek volümlü seralar,
- (8) yine mümkün olduğunca su tasarrufu sağlayacak sulama sistemleri ve
- (9) böceklerden koruyucu ağ sistemleri.

Ülkemizde olduğu gibi AB ülkelerinde plastik seraların kullanımının cam seralara göre artması sonucu, plastik-film seralar için extra tasarım kriterleri ortaya konmuştur. Bunlar ise:

- (1) plastik film gerginliği örtü malzemesinin konstrüksiyon elemanları üzerinde çarpınarak zararlanması önlenmeli,
- (2) plastik filmin çekilmesi ve yenilenmesi kolay olmalı,
- (3) güneş radyasyonu ile ısınan yapı elemanlarının plastik malzeme ile temas ettiği noktalarda izolasyon sağlanmalı,
- (4) örtü malzemesi üzerinde kondense olan suyun bitkiler üzerine düşmesi engellenmeli ve
- (5) örtü malzemesinden geçen ışığın kaybı minimum değerde olmalıdır.

Seralar optimum bitki yetiştiriciliği için, mümkün olduğunca hafif yapı elemanlarından tesis edilerek yüksek güneş radyasyonu geçirgenliğini sağlamalıdır. Yapılar bölgedeki rüzgar, yağmur ve dolu yükleri yanında sürekli ve değişken servis yüklerine karşıda dayanıklı olmak durumundadır. Bu nedenle, Seraların tasarımında dikkate alınması gereken ana yükler aşağıda verilmiştir.

- (1) ölü yükler yahut sürekli yükler
- (2) bitki yükü
- (3) tesisat yükü
- (4) kar yükü
- (5) rüzgar yükü ve
- (6) deprem yükü

Seraların yüksekliğine göre değişen dinamik rüzgar basıncı (kN/m^2) ise, ASAE-EP 2884 1992 göre Tablo 3 de verilmiştir.

Tablo 3.

Yükseklik (m)	Rüzgar hızı (km/h)		
	70	80	100
	Dinamik rüzgar basıncı (kN/m ²)		
0	0,32	0,42	0,69
2	0,32	0,42	0,69
4	0,32	0,42	0,69
6	0,41	0,53	0,75
8	0,41	0,53	0,85

Bölge ortalama fırtınalı gün sayısının 10-12 arasında olması nedeni ile tesisi yapılacak olan seralarda, yöre rüzgar hızlarının dikkate alınması hem oluşabilecek kayıpların önlenmesinde hem de malzeme optimizasyonun da önemli katkılar sağlayacaktır.

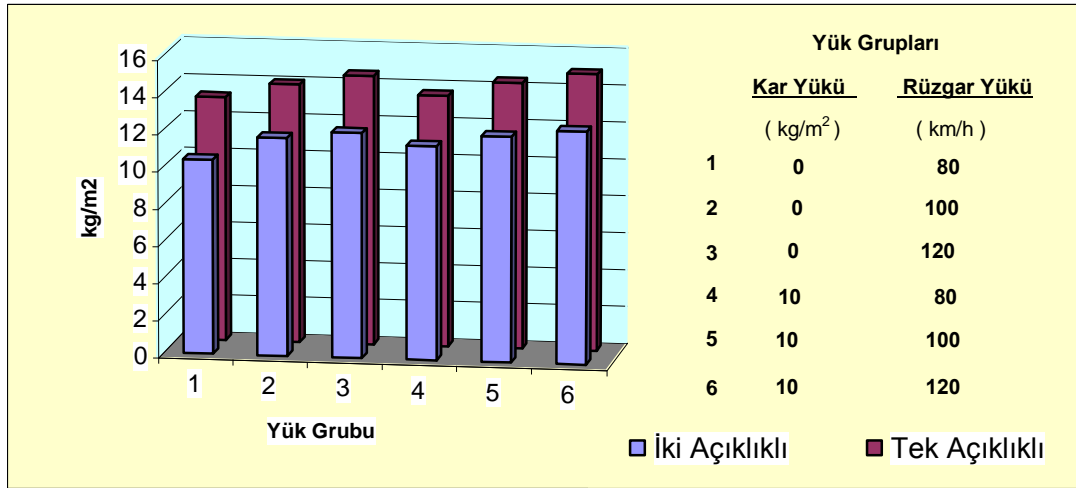
Narenciye ve SERACILIK Araştırma Enstitüsü koordinatörlüğünde yürütülen TÜBİTAK/TARP 2060 projesi kapsamında yapılan çalışmalarda, bölgemizde üreticiler tarafından yaygın olarak kullanılan makaslı sera sistemlerinin getirdiği imalat zorluğu nedeni ile, 8,00 m açıklıklı cam sera projesinde de özellikle çerçeve sisteminin uygulanması benimsenmiştir. Bu proje çalışmasının yaygınlaşması ile;

- (1) ortalama çelik sarfiyatı profil olarak tek açıklıklıda 10,5 kg/m², çift açıklıklı ise 8 kg/m² olarak malzeme kullanımında ekonomi,
- (2) temel sayısı azaltılarak alt yapı çalışmalarından tasarruf,
- (3) montajda kaynak kullanılmayarak blonlu montaj tekniği ile prefabrikasyona uygunluk,
- (4) işçilik risk seviyesinin en aza indirilmesi,
- (5) büyük yan yüksekliği ile bitki gelişmesine, verimliliğine ve kalite artışına olanak sağlanması,
- (6) yüksek havalandırma oranları ile (% 22, % 29,7) daha iyi bitki gelişimi,
- (7) modüler üretime uygunluk,
- (8) galvanizleme tekniği uygulamasına olanak sağlanması,
- (9) büyük cam boyutlarının kullanılması ile daha fazla ısıtım geçirgenliğinin elde edilmesi ve
- (10) macun kullanımının kaldırılması sağlanmış olacaktır.

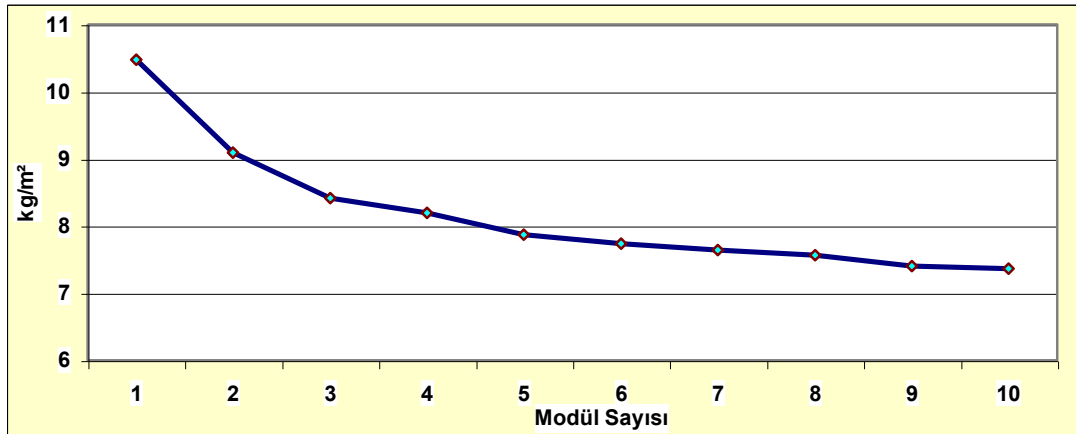
Çerçeve sisteminin kullanıldığı ve 4,50 m çerçeve aralığına sahip 8,00 m açıklıklı ve 4,00 m yan yüksekliğindeki tek ve çift açıklıklı seraların bu yeni tasarımlarının, 6 ayrı yük bileşenine göre modelleme analizleri tamamlanmış ve bunlara ilişkin önce maximum kesit tesirleri ve gerilme değerleri hesaplanmıştır. Sera yapımına ilişkin tasarımda, çatı eğim açısı: $\alpha = 26,5^\circ$; çerçeve açıklığı: 8,00 m; ve çerçeve aralığı: 4,50 m olarak alınmıştır.

Böylece, yan yüksekliği 4,00 m, çerçeve açıklığı 8,00 m, çerçeve aralığı 4,5 m olarak belirlenmiş tek ve çift açıklıklı sera yapılarının, 6 ayrı yük grubuna göre boyutlandırılması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tek ve çift açıklıklı sistemlerdeki 6 yük grubuna göre çelik malzeme giderleri grafik haline getirilmiş ve Şekil 28 de verilmiştir. Modül ve açıklık sayısına göre çelik malzeme miktarları ise, yine Şekil 29 da grafikler halinde görülmektedir.

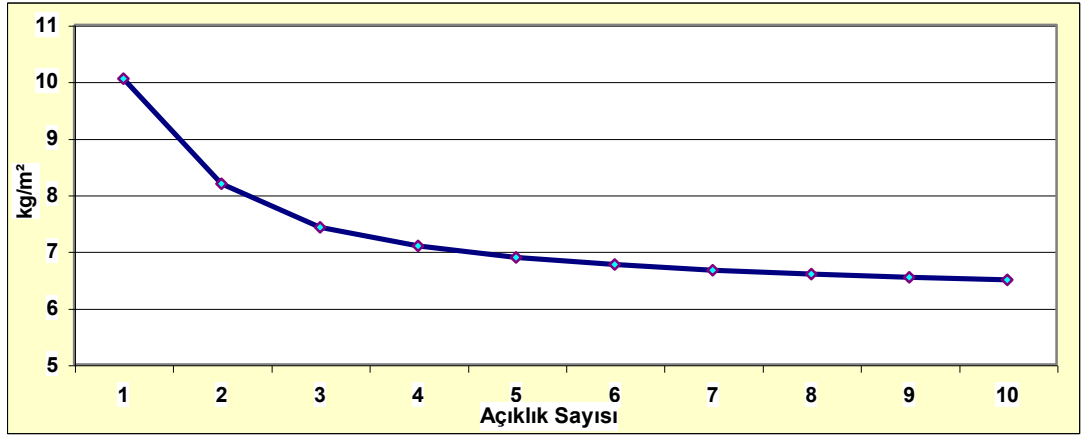
Buna göre en az 5 modül ve 4 çatılı sera tesisi halinde malzemede optimizasyon sağlanabilmektedir.



Şekil 28. Tek Açıklıklı ve Çift Açıklıklı Sistemlerde Yük Gruplarına Göre Çelik Malzeme Miktarları



Şekil 29. Modül Sayısına Göre Çelik Malzeme Miktarları



Şekil 29. Açıklık Sayısına Göre Çelik Malzeme Miktarları

5. SERALARDA ENERJİ KORUNUMU

Seranın toplam ısı geçiş katsayısının azaltılması için, serada yapısal olarak bazı düzenlemelerin yapılması gereklidir. Bu düzenlemelerin seçimi işletmelerin yatırım gücüne bağlı olarak değişir. Bunlar ana başlıklar altında;

- (1) sera örtü malzemeleri,
- (2) perde uygulamaları,
- (3) ısı Köprüleri ve hava Kaçağının önlenmesi,
- (4) rüzgar Kıranlar,
- (5) buharlaşmanın kontrolü

konularını içerir. Bölgesel duruma bağlı olarak fazla enerji gereksinimine neden olan rüzgar hızının etkisini azaltmak için rüzgar kıranlar kullanılmalıdır. Seralarda bölge için baz alınabilecek toplam ısı tüketim katsayıları Tablo 4 da verilmiştir.

Tablo 4. Seraların ısı tüketim katsayıları (ASAE,1980)

	$U=W/m^2.^{\circ}C$
Cam sera	6.3
Plastik sera	6.8-7.8
Çift katlı plastik sera	4.5-5.5
Cam sera ve ısı perdesi	3.0
Çift katlı plastik sera ve ısı perdesi	2.5

Genel olarak seralarda kışın serbest buharlaşma ile oluşan enerji kayıpları azaltılmalıdır. Bu amaçla mümkün olduğunca öleden sonra sulama ve ilaçlama uygulamalarına ara verilmelidir. Bir seraya gelen net enerjinin % 50' inden fazlası gizli ısı olarak soğurulur. Bir başka söylemle bu enerji, ürünün evapotranspirasyonu ve yetiştirme ortamı için kullanılır. Transpirasyon oranı doğrudan bitki üretimiyle orantılı olduğundan, üreticiler

tarafından kontrol altında tutulması gerekmektedir. Güneş enerjisinden başka, ılıman iklim bölgelerinde bulunan bir serada, kışın kullanılan ısıtma sisteminden alınan enerji de evapotranspirasyonu hızlandırır.

Evapotranspirasyon, ürünün terlemesi (transpirasyon) ve ürün yetiştirme ortamında oluşan buharlaşma (evaporasyon) olmak üzere iki kısımda incelenen bir işlemdir. Seradaki buharlaşma, sulama sistemine de bağlı olarak seradaki toprak yüzeyinin yetiştirme periyodunun bölgede özellikle kış dönemi süresince yaş olduğundan önem kazanır.

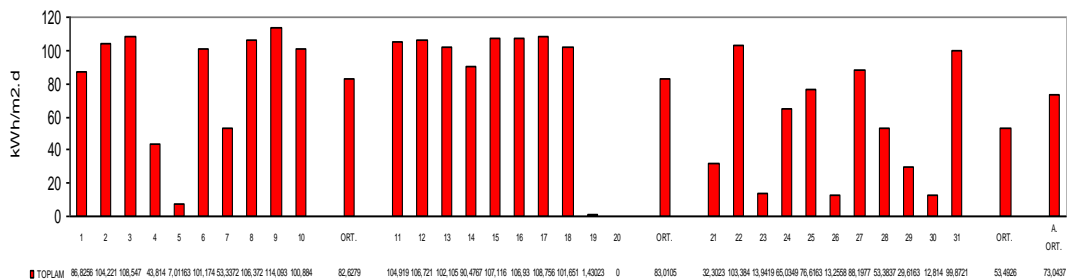
Bölge koşullarında, yaygın ürün deseninde, ıslak yüzeylerde oluşan buharlaşma, kış aylarında 24 saatte yaklaşık 1 mm düzeyinde olabilir. Bu durum kış dönemi boyunca, yaklaşık olarak 10 W m^2 günlük enerjiye eşdeğerdir. Buharlaşma kayıpları hem tüm toprak yüzeyinin, hem de bitki örtüsünün ıslatılması sonucu oluşur. Bu enerji esas olarak ısı enerjisinden karşılanır. Damla sulama ile seralarda %5-10 oranında enerji tasarrufu sağlanabilir. Bununla birlikte belli dönemlerde fazla su kullanımı, nemi bitkilerin istediği orana çıkardığı ve ürünleri serinlettiği içinde yararlıdır olur.

Narenciye ve SERACILIK Araştırma Enstitüsünde yürütülen “Aylık Periyodlara Göre, Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi Amacıyla Dış Atmosfere Ulaşan Güneş Işınımı Ve Sera İçi Buharlaşma Miktarı Arasındaki İlişkilerin Antalya Koşullarında Tesbiti” konulu çalışmada, aralık, ocak ve şubat aylarında alınan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

5.1 Güneş Radyasyonu ve Buharlaşma İlişkisi

Aralık Ayı Güneş Radyasyonu-Buharlaşma İlişkisi

Gün içerisinde ortalama $1,75 \text{ kWh/m}^2$ ($6,3 \text{ Mj/m}^2$) güneş radyasyonunun alındığı aralık ayında Antalya da belirlenen toplam güneş radyasyonu değişimi Şekil 30 de verilmiştir.



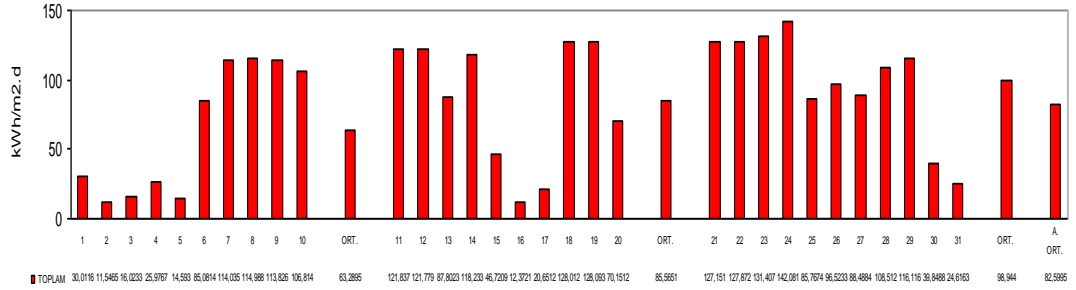
Şekil 30: Antalya da kaydedilen aralık ayı toplam güneş radyasyonunun günlük değişimi ($\text{kWh/m}^2.\text{d}$)

Elde edilen sonuçlara dayanarak aralık ayında cam sera da 1 m² alandan 1mm buharlaşmanın gerçekleşebilmesi için 1,83 kWh (6,6 Mj) enerjiye ihtiyaç vardır. Aynı devrede açıkta 0,83 kWh (3,0 Mj), plastik sera da ise, cam seraya oranla % 36,6 daha fazla 2,5 kWh (9,0 Mj) enerjiye ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu sonuçlara göre aralık ayında günde ortalama olarak Antalya koşullarında açıkta 2,0 mm, cam seralarda 0,9 mm ve plastik seralarda 0,7 mm buharlaşmanın olabileceği belirlenmiştir.

Ocak Ayı Güneş Radyasyonu-Buharlaşma İlişkisi

Gün içerisinde ortalama 1,97 kWh/m² (7,1 Mj/m²) güneş radyasyonunun alındığı ocak ayında Antalya da belirlenen toplam güneş radyasyonu değişimi Şekil 31 de verilmiştir.



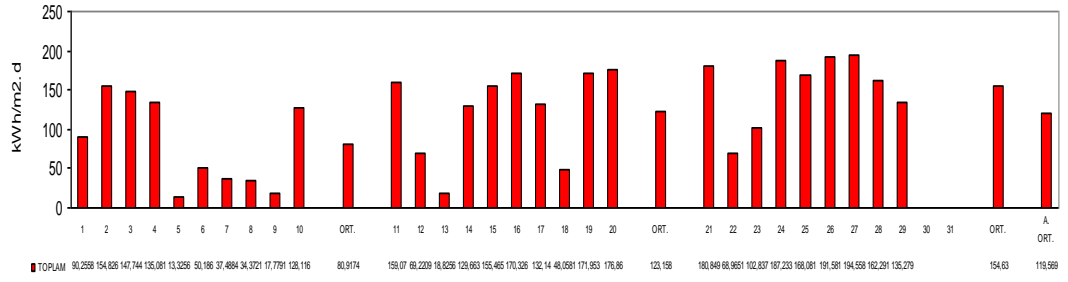
Şekil 31: Antalya da kaydedilen ocak ayı toplam güneş radyasyonunun günlük değişimi (kWh/m².d)

Elde edilen sonuçlara dayanarak ocak ayında cam sera da 1 m² alandan 1mm buharlaşmanın gerçekleşebilmesi için 1,47 kWh (5,3 Mj) enerjiye ihtiyaç vardır. Aynı devrede açıkta 0,58 kWh (2,1 Mj), plastik sera da ise, cam seraya oranla % 10,3 daha fazla 1,64 kWh (5,9 Mj) enerjiye ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu sonuçlara göre ocak ayında günde ortalama olarak Antalya koşullarında açıkta 2,6 mm, cam seralarda 1,0 mm ve plastik seralarda 0,9 mm buharlaşmanın olabileceği belirlenmiştir.

Şubat Ayı Güneş Radyasyonu-Buharlaşma İlişkisi

Gün içerisinde ortalama 2,86 kWh/m² (10,3 Mj/m²) güneş radyasyonunun alındığı şubat ayında Antalya da belirlenen toplam güneş radyasyonu değişimi Şekil 32 da verilmiştir.

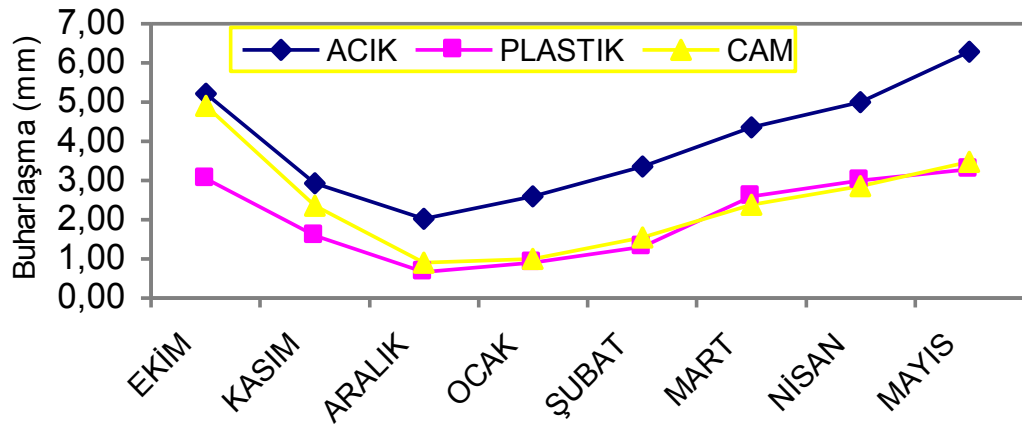


Şekil 32: Antalya da kaydedilen şubat ayı toplam güneş radyasyonunun günlük değişimi ($kWh/m^2.d$)

Elde edilen sonuçlara dayanarak şubat ayında cam sera da 1 m² alandan 1mm buharlaşmanın gerçekleşebilmesi için 1,72 kWh (6,2 Mj) enerjiye ihtiyaç vardır. Aynı devrede açıkta 0,78 kWh (2,8 Mj), plastik sera da ise, cam seraya oranla % 15 daha fazla 2,03 kWh (7,3 Mj) enerjiye ihtiyaç bulunmaktadır.

Bu sonuçlara göre şubat ayında günde ortalama olarak Antalya koşullarında açıkta 3,4 mm, cam seralarda 1,6 mm ve plastik seralarda 1,3 mm buharlaşmanın olabileceği belirlenmiştir.

Ekim-Mayıs ayları arasındaki ölçülen buharlaşma değerlerine göre ortalama olarak günlük açıkta 3,97 mm, plastik serada 2,05 mm, cam serada ise 2,43 mm buharlaşma gerçekleşmektedir. Aylara göre buharlaşma değerlerinin değişimi Şekil 33 da topluca görülmektedir.



Şekil 33: Ortalama buharlaşma değerleri

Bu sonuçlara göre plastik seralarda açıktaki buharlaşmanın % 51,7 si gerçekleşirken, cam seralarda % 61,0 gerçekleşmektedir. Sezon boyunca plastik seralarda cam seralarda gerçekleşen buharlaşmanın ancak % 84,6 sı gerçekleşmekte ve cam seralarda plastik seralara göre % 15,4 oranında daha fazla buharlaşma gerçekleşebilmektedir.

5.2 Sera Yüzey Alanının Azaltılması

Bir serada oluşan ısı kaybı, seranın yüzey alanı ile de orantılıdır. Sera yüzey alanı, taban alanına bağlı olarak değişir ve seranın uzunluk-genişlik oranındaki değişime bağlı olarak ısı kayıpları da değişir. Ayrıca, sera yüzey alanı, sera yüksekliğine ve çatı eğimine bağlı olarak da değişim göstermektedir.

Sera uzunluk genişlik oranının enerji kullanımına olan etkisi 0,5 ha lık sera için *Tablo 5* de verilmiştir. *Tablo 5* de verilen değerler günümüzde, bölgemiz de tesisi yapılan bir çok kurumsal işletmede kullanılan çatı açıklığı 3,20 m ve oluk yüksekliği 4,5 m olan alanı 5 ha kare şeklindeki seranın kullanımı ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 5.

Alan m ²	Boyutlar m	Çatı Örtü Alanı m ²	Yan Duvar Alanı m ²	Enerji Kullanımı %
5000	70,7*70,7	5600	1363,5	100,00
5000	60,0*83,3	5600	1368,0	100,15
5000	50,0*100,0	5600	1414,5	101,55
5000	40,0*125,0	5600	1537,5	104,10
5000	30,0*166,7	5600	1809,0	109,05
5000	20,0*250,0	5600	2455,5	113,25

Hesaplamalarda sera kenar duvarlarının her m²' sinde oluşan ısı kayıpları, sera çatısının her m²' sinde oluşan ısı kayıplarının 1,4 katı kadar olduğu varsayılmıştır. Bu farklılık, esas olarak rüzgar etkisinin farklı oluşu ve ısıtma borularının sera duvar kenarları yakınına yerleştirilmesinden kaynaklanmaktadır.

Buradan çıkan sonuca göre; sera uzunluğunun 50 m veya daha fazla olması gerekmektedir. Sera uzunluğu 50 m den az olduğu durumda, *Sera Örtü Alanının Sera Taban Alanına oranı (Ac/Ag)* hızlı bir şekilde artmaktadır. Ülkemizde daha çok uygulandığı şekilde tek bölmeli bir sera (n=1) için makas genişliğinin 10 m den daha az olması durumunda, enerji kullanımı açısından ekonomik olmayan bir durum ortaya çıkmaktadır.

Ancak makas açıklığı en az 12,80 m veya makas açıklığı 8 m olan yine en az 2 veya daha fazla bölmeler halinde kurulmuş olan geniş açıklıklı seralarda kabul edilebilir düzeylerde **Ac/Ag** oranına ulaşılabilir. 8 m çatı genişliğinde ve 8 çatıdan oluşacak yaklaşık kare bir sera için boyutların ((8 m *8 m)*75 m) ve **Ac/Ag** oranının da yaklaşık olarak 1,37 olduğu hesaplanır. Yine 12,8 çatıdan oluşacak 5 çatılı bir sera için boyutların ((12,8 m *5 m)*75 m) ve **Ac/Ag** oranının da yaklaşık olarak 1,39 olduğu hesaplanabilir. Açıklığı 8 m olan tek çatılı bir serada ise (8 m * 75 m) = 600

m^2 **Ac/Ag** oranı yaklaşık olarak 2,25, Açıklığı 12,8 m olan bir serada (12,8 m * 50 m) = 640 m^2 bir serada **Ac/Ag** oranının da yaklaşık olarak 1,96 olduğu belirlenebilir. Bu nedenle tek çatılı 600 m^2 (8 m) bir serada 2,25/1,37; tek çatılı (12,8) 640 m^2 serada 1,96/1,39 yani sırasıyla 1,64 ve 1,41 kat daha fazla enerji harcanır.

Sera, örtü yüzeyi ve taban alanı oranı, çatı eğiminin artmasıyla da artar ve bu durum bütün seralar için geçerlidir. Çatı eğiminin artmasıyla seranın ışık geçirgenliği ve böylece sera içerisine ulaşan güneş enerjisi miktarı da artmaktadır. Bu durum özellikle kış aylarında kuzey enlemlerde bulunan seralar için önemlidir. Bölgemiz için en uygun çatı eğimi 26,5° olarak hesaplanmaktadır.

Diğer yandan **Ac/Ag** oranı, sera yüksekliğine bağlı olarak da artar. Bu durum özellikle daha büyük sera üniteleri için ihmal edilmelidir. Çünkü yüksekliği 3,5 m veya daha fazla olan günümüzdeki seralarda, ortam kontrolünün kolayca sağlanması, perdeleme sistemlerinin uygulanabilmesi ve yetiştirilecek ürünlerin serbest olarak seçilebilmesi gibi sağlanan üstünlükler, artan enerji gereksiniminden daha önemlidir.

Seralarda toplam radyasyon dengesi, yılın tamamı süresince seranın yönlendirmesi dikkate alınmaksızın eşittir. Kuzey-Güney doğrultusunda yönlendirilen seralarda, daha az gölge sahası oluşacağından dolayı bitki gelişim ve ürün kalitesi daha homojen olarak gerçekleşir. Seranın yönlendirilmesinin isteğe bağlı olduğu bölgemiz koşullarında, K-G doğrultusu bitkilerinde dikim yönü olması nedeni ile kesin olarak tercih edilmelidir. Uygulamada seraların kurulması sırasında, sera kurulacak arazinin şekli, tesise giriş durumu ve çalışma alanı yerleşimi gibi planlama faktörleri, yani bölgesel durum seraların yönlendirilmesinde iklimsel konulardan daha fazla öneme sahip bulunmaktadır.

Enerji muhafazası bakımından daha önce de üzerinde durulduğu gibi seraların yaklaşık olarak kare bloklar şeklinde tesisi önemlidir. Bu durumda sera örtü yüzey alanının taban alanına oranı en düşük düzeyde kalır.

6. SONUÇ

Gelişen sera sebze ve çiçek yetiştiriciliği sektörünün bundan böyle belli pazar hedefleri doğrultusunda büyümesi bir noktada enerji kullanımı ile mümkün olabilecektir. Kullanılacak enerjinin büyüklüğünü hiç şüphesiz işletmelerin bulunduğu yerdeki iklim faktörleri belirleyecektir. Enerjinin kullanıldığı sistemlerde ise, iklimsel avantajlar sektör için en az enerjinin kullanılmadığı yapılar kadar önem taşımaktadır.

Ortalama sıcaklığın 9-12 °C olduğu kasım ayının ikinci yarısı ile ve mart ayının ilk haftasında bölgede belli verim ve kalite açısından ısıtma yapmak önemlidir. **Bu nedenle yeni kurulacak işletmelerde yer alacak tesislerin ve onların işletme yapıları büyük oranda önem kazanmaktadır.**

Konu ile ilgili olarak ilgili birimlerce alınacak kararlarda, uzman görüşü olarak meteorolojik değerlerin yanında, başta topografya, işletme ve yapı tercihlerinden ve bunlara bağlı fizibilite çalışmalarına değin diğer konularda da özenle üzerinde durmaları gerekmektedir.